

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-302406

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl. G11B 20/14
G11B 7/00
G11B 7/14

(21)Application number : 09-314004

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 14.11.1997

(72)Inventor : EBISAWA KAN

(30)Priority

Priority number : 09 44250 Priority date : 27.02.1997 Priority country : JP

(54) TWO-Dimensionally CODING/STORING METHOD ON TWO-Dimensional RECORDING MEDIUM OF PARALLEL READ-OUT SYSTEM, TWO-Dimensionally DECODING/REPRODUCING METHOD AND DEVICE EXECUTING THESE METHODS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make possible high efficiency without directional dependency even when NRZ conversion processing, etc., is performed by answering to a medium storage for coding/storing the one-dimensional data in a parallel read-out system two-dimensional recording medium according to a two-dimensional run length limitation RLL rule and coding respective cells to two-dimensional code value arrangement of $m \times n$ cells of one bit.

SOLUTION: The original data $id(q)$ are converted by limiting with the two-dimensional RLL rule not only simple conversion converting the serial data to the two-dimensional arrangement data of man , and the two-dimensional code value arrangement of $m \times n$ matrix cells is obtained. Since such a two-dimensional code value arrangement is satisfied with the conditions such as a two-dimensional minimum restrictive length, maximum restrictive length and continuity, etc., the problem that the value is changed according to directions even by the conversion such as the NRZ, etc., is eliminated. Thus, coding pattern selection processing selecting two-dimensional RLL coded proper code arrangement is performed at every coding processing unit data (q) related to the original data $id(q)$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10-302406

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I
G 1 1 B	20/14 3 4 1	G 1 1 B 20/14 3 4 1 A
	7/00	7/00 Q
	7/14	7/14

審査請求 未請求 請求項の数 27 O L

(全 7 2 頁)

(21) 出願番号 特願平9-314004

(22) 出願日 平成9年(1997)11月14日

(31) 優先権主張番号 特願平9-44250

(32) 優先日 平9(1997)2月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 海老澤 観

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

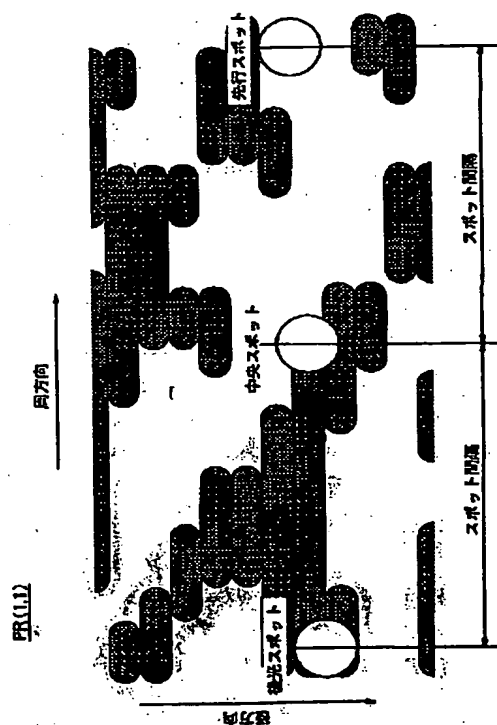
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

(54) 【発明の名称】 並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法、二次元復号化・再生方法およびこれらの方法を実施する装置

(57) 【要約】

【課題】 並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元 R L L 条件に従って記録された符号化データを復号する二次元復号化・再生装置を提供する。

【解決手段】 符号化データ q を表す符号値配列として 3×3 マトリクス・セルを用い、二次元状の R L L の最短拘束長 $2T$ を満足する符号値配列を選択し、これらを二次元的に隣接させた場合、境界において二次元的に最短拘束長 $2T$ を満足し接続可能なことを示す円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を算出し、符号値配列について接続可能性の高い順序を示す選択順位 a を算出し、符号化データ q に対し、先行する位置の符号値配列と接続可能な符号値配列を選択順位 a に従って選択し隣接する符号値配列との関係において二次元的に最長拘束長 $16T$ を満足する符号値配列が記憶された C C D から走査方向に傾き θ をもって配設された複数の検出窓を用いて再生する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】一次元のデータ（q）を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元ラン・レンジス・リミテーション（RLI）規則に従って符号化し記憶するため、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させて、各セルが1ビットの $m \times n$ セルの二次元符号値配列に符号化する二次元RLI符号化方法であつて、

$m \times n$ セルの符号値配列を0～ $m \times n$ の複数のコード番号に対応させる第1の段階と、

前記 $m \times n$ セルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長（d1）および縦方向に第2の最短拘束長（d2）を満足する、有効な $m \times n$ セルの符号値配列（E）を検出する第2の段階と、

横方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の有効な $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長（d1）を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能である、符号値配列の組合せを検出する第3の段階と、

前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位（a）を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第4の段階と、符号化対象の一次元の原データ（id（q））に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長（k1）を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長（k2）を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応する $m \times n$ セルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第5の段階と、

前記二次元符号値配列を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体に所定位置に記憶する第6の段階とを有する並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法。

【請求項2】前記第5の段階において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、

次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第5の段階の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置

の符号値配列として設定する第7の段階をさらに有する請求項1記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項3】前記第1の段階～第4の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項2記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項4】前記 $m \times n$ セルの符号値配列の横方向の符号値配列の m 個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列の n 個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果（S（n，j）、ML（k））を記憶する第8の段階をさらに有し、該記憶した結果を前記第5の段階における最長拘束長の判定に使用する請求項2記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項5】前記第1の段階～第4の段階および第8の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項4記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項6】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモ리카ードを含む請求項5記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項7】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理段階と、

前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理段階とを有する請求項6記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項8】前記位置情報記憶部の記録密度は前記符号化情報記憶部の記録密度より低く、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている請求項7記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項9】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし段階をさらに有し、

前記第7の段階において、該情報読みだし段階で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う請求項8記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項10】一次元の符号化データ（id（q））を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に符号化して記憶するため、二次元ラン・レンジス・リミテーション（RLI）規則に従って各セルが1ビットの $m \times n$ セルの二

次元符号値配列に符号化して二次元的記録媒体に記憶する二次元符号化・記憶装置であって、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させた $m \times n$ セルの符号値配列を $0 \sim m \times n$ の複数のコード番号に対応させ、前記 $m \times n$ セルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長($d1$)および縦方向に第2の最短拘束長($d2$)を満足する、有効な $m \times n$ セルの符号値配列(E)を検出する第1の手段と、横方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の有効な $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長($d1$)を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能である符号値配列の組合せを検出する第2の手段と、前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位(a)を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第3の手段と、一次元の符号化原データ($id(q)$)に印加に応じて、該原データ($id(q)$)に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長($k1$)を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長($k2$)を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応する $m \times n$ セルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第4の手段と、前記得られた二次元符号値配列情報を二次元的記録媒体に記憶する第5の手段とを有する二次元符号化・記憶装置。

【請求項11】前記第4の手段において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第4の手段の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置の符号値配列として設定する第6の手段をさらに有する請求項10記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項12】前記第1の手段～第3の手段の処理を前記第4の手段の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第4の手段において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項11記載の

二次元符号化・記憶装置。

【請求項13】前記 $m \times n$ セルの符号値配列の横方向の符号値配列の m 個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列の n 個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果($S(n, j)$ 、 $ML(k)$)を記憶する第7の手段をさらに有し、該記憶した結果を前記第4の手段における最長拘束長の判定に使用する請求項12記載の二次元符号化・記憶装置。

10 【請求項14】前記第1の手段～第3の手段および第7の手段の処理を前記第4の手段の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第4の手段において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項12記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項15】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモ리카ードを含む請求項13記載の二次元符号化・記憶装置。

20 【請求項16】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記第5の手段は、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理手段と、前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理手段とを有する請求項14記載の二次元符号化・記憶装置。

30 【請求項17】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードまたはメモ리카ードであり、前記 $m \times n$ マトリクス・セルは前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の横方向および縦方向の記録位置に対応しており、前記位置情報記憶部と前記符号化情報記憶部とは、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体のある1の方向に沿って交互に区分されており、前記位置情報記憶部には位置制御に使用する位置情報が記憶されている請求項15記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項18】前記位置情報記憶部の記録密度は前記符号化情報記憶部の記録密度より低く、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている請求項16記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項19】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし手段をさらに有し、

前記第5の手段は、該情報読みだし手段で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う手段を有する請求項17記載の二次元符号化・記憶装置。

50 【請求項20】二次元方向に最短拘束長および最長拘束

長のラン・レングス・リミテーション (RLL) を満足する二次元符号値配列に符号化して並列読みだし方式の二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生方法であって、

前記二次元RLL符号値配列情報は、

二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ

(q) を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記録位置に対応させた $m \times n$ マトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規定され、 $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数(d)連続して存在する最短拘束長(d)を満足しており、

ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、

前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長(k)以内の符号値配列であり、

前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体から読み出した二次元RLL符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する二次元復号化・再生方法。

【請求項21】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カード、二次元状メモ리카ードを含む請求項19記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項22】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、

前記 $m \times n$ マトリクス・セルは光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、

前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、

該位置情報を参照して前記復号処理のタイミングをとる請求項20記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項23】走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いて、CCDで位置情報を検出する請求項22記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項24】前記CCDの走査方向とのずれ角度 θ は、検出窓の数 w とは下記の条件が規定される

$$\sin \theta = 1 / (w + 1)$$

請求項23記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項25】二次元方向に最短拘束長および最長拘束長のラン・レングス・リミテーション (RLL) を満足する二次元符号値配列に符号化して二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生装置であって、前記二次元RLL符号値配列情報は、

二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ

(q) を二次元的記録媒体の記録位置に対応させた $m \times n$ マトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規

定され、 $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数(d)連続して存在する最短拘束長(d)を満足しており、

ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、

二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長(k)以内の符号値配列であり、

10 二次元的記録媒体から読み出した二次元符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する復号手段を有する二次元復号化・再生装置。

【請求項26】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、

前記 $m \times n$ マトリクス・セルは前記光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、

前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、

20 走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いて、CCDで位置情報を検出する請求項25記載の二次元復号化・再生装置。

【請求項27】前記CCDの走査方向とのずれ角度 θ

は、検出窓の数 w とは下記の条件が規定される

$$\sin \theta = 1 / (w + 1)$$

請求項26記載の二次元復号化・再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原データを二次元的なラン・レングス・リミテーション (RLL) 条件のもとで二次元符号値配列に符号化する二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法、二次元RLL復号化方法およびそれらを用いた装置に関する。本発明は、特に、光カード、ICメモリなどの二次元状にデータを記録可能な記録媒体（以下、二次元的記録媒体と言う）に、原データを二次元的RLL符号化処理を行って記録する方法、再生する方法、および、これらの方法を用いた装置に関する。

【0002】

【従来の技術】二次元状記録媒体として、光ディスク記録媒体を例示して述べる。光ディスク記録媒体においては、円周方向の記録密度と半径方向の記録密度とは異なっている場合が多い。たとえば、直径130mmの光磁気ディスク記録媒体の4xの規格では、光ディスク記録媒体の直径方向（トラック方向）についてはトラックピッチが1.15 μ mであり、光ディスク記録媒体の円周方向については線記録密度は約0.5 μ m/ビットである。この例では線記録密度よりトラック密度が低い。

【0003】光ディスク記録媒体における円周方向の記録密度と半径方向の記録密度とが異なる原因を考察する。光ディスク記録媒体に記録された信号ビットを再生

する場合、再生に用いる光ビームの再生スポットが光ディスク記録媒体の円周方向に信号ピットを走査（トレース）していき、走査の結果得られた再生信号に対して時間軸方向に波形等化等の信号処理および符号長を制限するなどの信号処理を行う。したがって、円周方向については、光ディスク記録媒体の回転速度と信号処理時間などの条件で記録密度が厳格に規定されている。半径方向についても記録密度の制約は勿論存在する。光ビームのスポットの大きさと隣接するトラックとの大きさのとの関係で隣接するトラックの間隔を余り狭めると正しく信号を再生できなくなるし、あまり広くすると実用的ではなくなるからである。しかしながら、これまで、光ディスク記録媒体の半径方向には円周方向におけるような信号処理の観点からの制約はないので、半径方向には円周方向におけるような信号処理に起因する記録密度の向上を求める強い要求はなかった。

【0004】しかしながら、光ディスク記録媒体におけるさらなる高密度化のため円周方向に加えて、半径方向の記録密度を高める要望が出ている。

【0005】次いで、光ディスク記録媒体へのデータ記録方法について述べる。光ディスク記録媒体にデータを記録し再生するときに現在用いられている符号は、殆どの場合、2進数符号である。但し、2進数の符号をそのまま光ディスク記録媒体に記録するのではなく、信号圧縮などの種々の変調処理を行うのが一般的である。

【0006】光ディスク記録装置などにおいては符号化結果にさらに種々の変換処理、たとえば、符号値1（データ1）の部分で反転するように符号を変換するノン・リターン・ツー・ゼロ（NRZ）方式、あるいは、NRZインバース（I-NRZ）方式などの変換処理を行ってデータを光ディスク記録媒体に記録している。

【0007】光ディスク記録装置などにおいては、符号化処理結果について、符号値1（データ1）と次の符号値1の間に存在する符号値0（データ0）が連続して存在する数を制限する（拘束する）符号長制限方法、すなわち、ラン・レンジス・リミテーション（RLL）と呼ばれる方法を適用して符号化処理し、その後、さらに記録のために変調などの信号処理を行い、その結果を光ディスク記録媒体に記録している。

【0008】RLL符号化方法においては、符号値1または符号値0が所定数以上連続して所定数以上継続しないようにしている。符号値1と次の符号値1との間に存在する連続した符号値0の数、または、符号値0と次の符号値0との間に存在する連続した符号値1の数の最小値（または最短拘束長）をdと呼び、最大値（または最長拘束長）をkと呼び、最短拘束長d、最長拘束長kのRLL符号化処理をRLL（d, k）と表す。換言すれば、RLL（d, k）においては、たとえば、符号値1と次の符号値1との間に存在する符号値0の数の最小値（最短拘束長）をdとし、最大値（最長拘束長）をkに

している。

【0009】RLL符号化方式において最長の符号長（最長拘束長）を制限して（拘束して）符号値（データ）の配置の高密度化を図るために、記録時に、ノン・リターン・ツー・ゼロ（NRZ）方式に基づいて符号値1（またはマーク、あるいは、データ1）の部分で符号値が反転するように符号値を変換することが行われている。これをマーク長記録方式という。

【0010】最近、光ディスク記録媒体はもとより、種々のディスク記録媒体、あるいは、ICカードなどの二次元的な広がりを持つ記録媒体における記録密度の向上を図ることが試みられている。光ディスク記録媒体の記録密度を向上させる試みをいくつか述べる。

【0011】特開平4（1992）-228112号公報（以下、第1文献という）は、光ディスクへの二次元符号化方法を提案している。第1文献は、光ディスクに記録すべき連続的な2進数データを4行2列の二次元配列のデータに符号処理し、4行2列のデータを1行ずつの1次元の情報配列に変換して1次元のデータを変調して光ディスクに記録する方法を開示している（第1文献、図30参照）。しかしながら、第1文献に記載されている方法は、記録データを独立した2系統の1次元データとして光ディスクに記録しているにすぎない。また第1文献は、記録すべき4ビットの2進数データ0000～1111（10進数表記で0～15）をROMテーブルで変換して第1配列00～11と第2配列00～11に変換することを開示しているが（第1文献、図4参照）、この配列変換は単なる2進数データの変換であって、二次元RLL符号化処理ではない。

【0012】文献、「2次元格子記録を用いた高密度光ディスク」、杉山、他、MAG-94-236、11-19ページ（以下、第2文献という）は、3ビームを用いて、平坦な光ディスクの格子点上にマークを配置する二次元格子記録方式を提案している。第2文献は、再生時の二次元的な応答を等しくするため、光ディスク上に正確なタイミングを持つ二次元の仮想的な格子点を設け、記録時は3ビームのうちのメインビームを用いて記録し、再生時は3ビームを用い半径方向の3列の格子列を同時に再生して2次元処理をすることが開示している。しかしながら、第2文献も二次元的なRLL符号化方法は提案していない。

【0013】二次元符号化方法はいくつか提案されている。

文献、Pual J. Davey、et. al. "Two Dimensional Coding for a Multiple-Track, Maximum-Likelihood Digital Magnetic Storage System", IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS, VOL. 30, NO. 6, NOVEMBER 1994, pp. 4212-4114には、拡張したクラスIV パーシャルレスポンス（EPR4）信号処理と最尤度検出（maximum likelihood detection）を用いたチャネルのために、拘束条件（d, k_v）下のトリ

レス記述に基づく反転列举図式 (reverse enumeration scheme) を記述した二次元RLL符号化方法を磁気テープ記録媒体のマルチトラック記録装置に適用した例を開示している (以下、第3文献)。第3文献においては、最短 $d=1$ 、最長 $k=2$ の拘束コードを用いて3トラックについて64個の符号についてRLL符号化処理することを例示している。しかしながら、第3文献は、磁気テープにおける連続的な走査を行う場合に有利なビタビ復号におけるような状態推移を考慮したトレリスを用いて磁気テープを走査してきた過去の結果から次のデータを推定しており、マルチトラック型磁気テープにのみ好適な方法であり、ランダムアクセス型記憶媒体である光ディスク記録媒体などには適さない。また、第3文献の方法は状態推移処理のために大きなメモリを必要とする。さらに、第3文献においては、記録媒体の対象が磁気テープの複数トラックへの適用を前提としており、広く二次元的記録媒体への適用を考慮していない。

【0014】文献、Jaejin Lee, et. al. "Constrained Multitrack RLL Codes for the Storage Channel", IEE E TRANSACTION ON MAGNETICS, VOL. 31, NO. 3, MAY 1995, p. 2355-2364には、不良トラックに対する耐用性 (tolerance)、すなわち、タイミング不良と同期不良に対する耐用性を向上させる効率のよいマルチトラックRLL符号化方法を開示している (以下、第4文献という)。第4文献は、第3文献などに記載されている拘束条件 ($d, k; n$) によるRLL符号化方法 (ただし、 r はトラック数) をさらに改良した拘束条件 ($d, k + \alpha, r; n$) によるRLL符号化方法を提案している。 r は不良トラック数を示し、 α は不良トラックを考慮した最大拘束長さ k に対する付加的な拘束長さを示す。しかしながら、第4文献も第3文献と同様、記録媒体の対象が磁気テープの複数トラックへの二次元的な符号化のみを対象としており、光ディスク記録媒体などのランダムアクセス型記録媒体には適さない。特に、第4文献は不良トラックに対する救済処理を目的としており、記録密度を向上させることを意図していない。

【0015】上述したように、依然として、光ディスク記録媒体など二次元的記録媒体の高密度化などに適切な二次元RLL方法、および、その方法を適用した二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法が望まれている。そこで、光ディスク記録媒体、磁気ディスク記録媒体をも含むディスク記録媒体、さらにはICカードなどの二次元的な広がりを持つ二次元的記録媒体において二次元的に記録密度を向上させるための高密度化二次元符号化方法を考察する。以下、その例として、二次元的記録媒体として光ディスク記録媒体を想定し、光ディスク記録媒体における円周方向および半径方向の両者について二次元的に記録密度を高める二次元的な符号化方法を想定する。

【0016】単純な二次元RLL符号化方法として、一

次元RLL符号化方法の考えかたをそのまま、二次元に応用したと仮定した、仮想的な二次元RLL符号化方法を例示し、そのような単純な方法では不具合があることを図1~図4を参照して述べる。

【0017】図1は一次元RLL符号化方法を単純に二次元RLL符号化方法に応用したと仮定した、仮想的な二次元RLL符号化方法によって符号化した結果を示した図表である。この仮想的な二次元RLL符号化結果例において、横方向も (x 方向、すなわち、光ディスク記録媒体の円周方向)、縦方向 (y 方向、すなわち、ディスク記録媒体のトラック方向または半径方向) にも符号値1 (データ1) と次の符号値1との間に符号値0 (データ0) が少なくとも1つ存在する、または、符号値0と次の符号値0との間に符号値1が少なくとも1つ存在するという、最小値 (最短拘束長) $d=1$ のRLLの拘束条件が課せられている。なお、この例では、最大値

(最長拘束長) k については制限を与えていない。図1に示した例は、横方向の第1列の符号値 (データ) は全て0、縦方向の第1行の符号値も全て0である。

【0018】図2は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて横方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。図2において、図1に示した二次元RLL符号化データの横方向の符号値について、符号値1から符号値0に変化している部分、または符号値0から符号値1に変化している部分は、NRZ変換によって符号値1として表されている。

【0019】図3は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて縦方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。図3において、図1に示した二次元RLL符号化データの縦方向の符号値について、符号値1から符号値0に変化している部分、または符号値0から符号値1に変化している部分は、NRZ変換によって、符号値1として表されている。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】図4は図2に示した横方向のNRZ結果と図3に示した縦方向のNRZ結果を対比した結果を示す図表である。図4における数値0は、同じ位置にある、図2に示した符号値が0であり図3に示した符号値も0であることを示す。図4における数値1は、同じ位置にある、図2に示した符号値が1であり図3に示した符号値も1であることを示す。図4における数値2は、同じ位置にある、図2に示した符号値と図3に示した符号値とが異なることを示す。図4に示した数値2が示すように、上述した仮想的な二次元RLL符号化方法による結果は、横方向と縦方向においてNRZ変換結果が異なる。したがって、上述した一次元符号化方法から単純に二次元符号化に応用した方法は光ディスク記録媒体への二次元RLL符号化方法には適用できない。

【0021】図4に例示した結果は、NRZ変換結果を

示したが、INRZ変換、その他の変換をした場合も、上述した方向による結果の違いが起こり、二次元RLL符号化には使用できない。したがって、二次元的に問題のない新規な二次元RLL方法およびそれを用いた二次元RLL符号化方法が必要である。

【0022】以上、光ディスク記録媒体を例示して述べたが、他の二次元的な記録媒体、たとえば、磁気ディスク記録媒体、メモ리카ードなどへの二次元的な高密度記録のための二次元RLL方法および二次元的符号化方法も上記同様の課題に遭遇している。二次元RLL符号化方法の逆の処理を行う、二次元RLL復号化方法も適切なものはまだ提案されていない。

【0023】本発明の目的は、NRZ変換処理、INRZ変換処理などの変換処理をしても方向依存性がなく、効率のよい二次元RLL方法および装置を提供することにある。本発明はまた、上記二次元RLL方法を用いて、原データを効率よく二次元的記録媒体に記録可能な二次元RLL符号化方法およびその装置を提供することにある。本発明のさらに他の目的は、上記二次元RLL符号化方法に対応する二次元RLL復号化方法とその装置を提供することにある。また本発明は上記二次元RLL符号化方法によって製造された二次元的記録媒体を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、一次元のデータ(q)を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元ラン・レングス・リミテーション(RLL)規則に従って符号化し記憶するため、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させて、各セルが1ビットの $m \times n$ セルの二次元符号値配列に符号化する二次元RLL符号化方法であって、 $m \times n$ セルの符号値配列を0～ $m \times n$ の複数のコード番号に対応させる第1の段階と、前記 $m \times n$ セルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長(d1)および縦方向に第2の最短拘束長(d2)を満足する、有効な $m \times n$ セルの符号値配列(E)を検出する第2の段階と、横方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の有効な $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長(d1)を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能である、符号値配列の組合せを検出する第3の段階と、前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位

(a)を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第4の段階と、符号化対象の一次元の原データ(id(q))に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列

の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長(k1)を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長(k2)を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応する $m \times n$ セルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第5の段階と、前記二次元符号値配列を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体に所定位置に記憶する第6の段階とを有する並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法が提供される。

【0025】前記第5の段階において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第5の段階の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置の符号値配列として設定する。

【0026】前記第1の段階～第4の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する。

【0027】前記 $m \times n$ セルの符号値配列の横方向の符号値配列のm個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列のn個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果(S(n, j)、ML(k))を記憶する第8の段階をさらに有し、該記憶した結果を前記第5の段階における最長拘束長の判定に使用する。

【0028】前記第1の段階～第4の段階および第8の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する。

【0029】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモ리카ードを含む。

【0030】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理段階と、前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理段階とを有する。好ましくは、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている。

【0031】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に

10

20

30

40

50

記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし段階をさらに有し、前記第7の段階において、該情報読みだし段階で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う。

【0032】また本発明によれば、上記二次元符号化・記憶方法を実施する装置が提供される。

【0033】さらに本発明によれば、二次元方向に最短拘束長および最長拘束長のラン・レンジ・リミテーション(RLL)を満足する二次元符号値配列に符号化して並列読みだし方式の二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生方法であって、前記二次元RLL符号値配列情報は、二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ(q)を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記録位置に対応させた $m \times n$ マトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規定され、 $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数(d)連続して存在する最長拘束長(d)を満足しており、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長(k)以内の符号値配列であり、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体から読み出した二次元符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する二次元復号化・再生方法が提供される。

【0034】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カード、二次元状メモリカードを含む。

【0035】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、前記 $m \times n$ マトリクス・セルは光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、該位置情報を参照して前記復号処理のタイミングをとる。

【0036】好ましくは、前記情報読みだし段階は、走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いてCCDで位置情報を検出する。

【0037】前記CCDの走査方向とのずれ角度 θ は、検出窓の数 w とは下記の条件が規定される。

$$\sin \theta = 1 / (w + 1)$$

【0038】

【発明の実施の形態】本発明の二次元符号値配列(二次元データパターン)に関する二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法、二次元RLL復号化方法、および、これらの方法を実施する装置について添付図面を参照して好適実施例を述べる。

【0039】本発明の二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法も適用対象は、特に、二次元的記録媒体に限定されず、二次元的に符号化が必要であり、

その復号を行う適用分野に広く適用できる。しかしながら、本発明の二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法は、特に、二次元的記録媒体への適用に好適である。したがって、以下の記述においては、特に、二次元的記録媒体への適用を中心に述べる。

【0040】二次元的記録媒体

本発明の対象とする二次元的記録媒体は、光ディスク記録媒体に限らず、磁気バブル記憶媒体のような磁気バブルがシーケンシャルに動作するような記録媒体を除いた、記録原理自体が二次元的に可能なもの、読みだし・書き込みが二次元的に可能なものなど種々のものがあり、その例を下記に列挙する。

1. 光ディスク記録媒体、光磁気ディスク記録媒体などの光学式記録媒体
2. 磁気ディスク記録媒体
3. 光カード
4. メモリカード
5. 磁気テープ記録媒体
6. 磁気ドラム記録媒体
9. ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、フラッシュメモリ(不揮発性半導体メモリ)などの半導体メモリ

【0041】光ディスク記録媒体、光カード、メモリカードについては実施例として具体例を後述する。磁気ディスク記録媒体は、光ディスク記録媒体と同様、円周方向と半径方向に記憶を考慮すべき本発明の二次元的記録媒体である。たとえば、ハードディスク記録媒体は本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。磁気ドラム記憶媒体の回転面は、円周方向の記憶に加えて隣接するトラック方向の記憶をも考慮すべき本発明の二次元的記録媒体である。磁気テープ記録媒体は、連続的な書き込み・読みだしを行われるが、隣接するトラック方面への記録を考慮すると、特に、マルチトラック方式においては、本発明の二次元的記録媒体に該当する。半導体メモリの記憶密度の向上は現在、主として、半導体製造技術の課題であり、通常、シーケンシャルに読みだし・書き込みが行われるが、フラッシュメモリなどのように一括してディスク記録媒体の書き込み・読みだしを行う場合は光ディスク記録媒体と同様、本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。また、現在、シーケンシャルに読みだし・書き込みが行われるその他の半導体メモリについても、メモリの構成自体が二次元状になっているから、符号化データを記録するように用途によって本発明の二次元RLL方法を適用することが好適な場合がある。したがって、半導体メモリは、フラッシュメモリに限らず、本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。

【0042】二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法の概要

本発明の詳細を好適実施例に関連づけて述べる前に、図5を参照して、本発明の二次元RLL方法、二次元RLL

L符号化方法および二次元RLL符号化方法の概要を述べる。

【0043】A. 共通処理

本発明の二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法においては、共通処理として、下記に述べるパターン選定順位決定処理を行う。パターン選定順位決定処理は、本発明の二次元RLL方法の基本的内容である。以下、本発明の二次元RLL方法の基本事項を下記に述べる。

【0044】1. データブロックとコード番号の規定

1.1 符号化対象原データと符号化処理単位データ
本発明の二次元RLL方法においては、RLL符号化対象の1ワード、たとえば、32ビットの2進数の原データを直接そのまま符号化するのではなく、符号化処理の観点から、たとえば、4ビット(0~15)の2進数の部分データごと、8回、符号化処理する。一般的にいえば、1ワード、pビット($p=32$)の2進数のRLL符号化対象の原データを、rビット($r=4$)ごとに区分した部分データごとに、 p/r 回、分割処理する。本明細書において、上記原データを記録用原データid (q)、RLL符号化対象原データid (q)あるいは単に原データid (q)などと呼ぶ。また、上記部分データを符号化処理単位データq、処理単位データ(q)などと呼ぶ。ただし、原データid (q)と処理単位データqとは分割処理するだけの相違であるから、便宜的にid (q)と表したりqと表すことがある。

1.2 データブロックと拘束長

本発明の二次元RLL方法においては、分割処理として、符号化処理単位データqを $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列(データパターン)に変換する。各セルのビット長は1ビットであり、その符号値は0または1である。なお、 $(m \times n) > q$ である。 $m \times n$ マトリクス・セルをRLL処理および符号化の処理単位である1データブロックと言う。 $m \times n$ マトリクス・セルの全ての符号値1の配列を表すため、連続的なコード番号: 0~ $m \times n$ を付す。その理由は、符号化処理において具体的な符号値配列を用いるよりコード番号を用いるほうが便利であるからである。コード番号は好適には、 $m \times n$ マトリクス・セルをLSBからMSBに向かって、2のべき乗で表し、セルの符号値が1であるものを合計した値にする。その具体例を、図6(A)、(B)および図9を参照して後述する。

【0045】2. 二次元RLLの第1の条件: 最短拘束長

二次元RLLの第1の条件として、1データブロックとしての $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列で二次元的に最短拘束長 d_1 、 d_2 を満足する符号値配列を用いる。すなわち、全ての $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列のうち、横方向(第1方向)において符号値0または符号値1が連続して d_1 個存在する符号値配列、お

よび、縦方向(第2方向)において、符号値0または符号値1が連続して d_2 個存在する符号値配列を選択して用いる。すなわち、本発明においては、横方向にRLLの最短拘束長 d_1 および縦方向にRLLの最短拘束長 d_2 の条件を満足する符号値配列とそれに対応するコード番号を選択する。その結果、0~ $m \times n$ 個の符号値配列のうち、上記最短拘束長を満足するものだけが有効な符号値配列として、符号化に使用される。なお、 $m \times n$ マトリクス・セルにおいて、 $m=n$ ならば、最短拘束長 $d_1 = d_2 \equiv d$ である。本実施例においては、上記のごとく求めた有効な符号値配列またはコード番号を使用可能フラグ $E(n) = 1$ として示す。本実施例における 3×3 マトリクス・セルの符号値配列のうち、最短拘束長を満足する符号値配列はコード番号を図7~図8および図9に示した。これらの詳細は後述する。

【0046】3. 二次元RLLの第2の条件: 二次元的な接続可能性、選択順位

上述した最短拘束長は、符号化処理単位データqに対する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列のみでなく、符号化の対象としている $m \times n$ マトリクス・セルの周囲の符号値配列についても適用される。したがって、二次元RLLの第2の条件として、第1条件によって最短拘束長が満足された有効な符号値配列(コード番号)の全てについて、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列と、他の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とを二次元的に隣接させた場合、それらの境界において、隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列相互が、二次元的に上記最短拘束長を満足しているか否かを事前にチェックし、最短拘束長を満足する符号値配列相互を記憶しておく。符号化処理単位データqに対する $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列は、本発明においては、第1文献のごとく、単なるコード変換ではないからち、第2の条件を満足し、かつ、隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列との関係によって規定される。すなわち、符号化処理単位データqに対する $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列は、符号化処理単位データq自体の値、その符号化処理単位データqの周囲の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列によって変化する。そのため、上記のごとく、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列と接続可能な $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を事前にチェックしておき、その中から、そのときの条件に合致する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を選択する。接続可能性のある符号値配列の中で、接続可能性の高い順から選択していく。そのため、本発明においては、選択順位を決める。なお、本発明の実施例においては、周囲の符号値配列との二次元的な最短拘束長を満足して接続可能か否かを、横方向(光ディスク記録媒体の円周方向)と縦方向(光ディスク記録媒体の半径方向)との分けてチェックし、その結果を、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラ

グT (m, n) として表している。また、上記選択順位を本実施例において、選択順位aとして表している。図14～図19に円周方向接続可能フラグL (m, n) の例を示し、図21～図26に半径方向接続可能フラグT (m, n) の例を示した。これらの図におけるコード番号の順序は、選択順位aの順に並んでいる。これらの詳細は後述する。

【0047】4. 二次元RLLの第3の条件：最長拘束長

二次元RLLの第3の条件として、第1条件および第2条件によって二次元的に最短拘束長が満足されたものについて、二次元的に最長拘束長 k_1 、 k_2 の拘束条件を課す。最長拘束条件を課す理由は、光ディスク記録媒体の例について上述した。最長拘束長 k_1 、 k_2 で拘束するので、符号化処理単位データqの $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列の周囲の符号値配列を、特に、位置的にその $m \times n$ マトリクス・セルの先行する位置にある複数の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列との符号値について、最長拘束長が満足しているか否かを決定する。最長拘束長の判断に利用するため、各データブロック、すなわち、 $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列について、横方向に符号値0が連続しているか、符号値1が連続しているか、縦方向に符号値0が連続しているかを示す情報を予め求めておく。本実施例においては、それらの情報をパターン内連続スペースフラグS (n, j) およびパターン内連続マークフラグM (n, j) として表し、その例を図11 (A)、(B) および図12

(A)、(B) に示した。これらの詳細は後述する。

【0048】上記二次元RLL拘束に関する第1条件～第2条件および第3条件の一部に関する情報を事前に求め、記録媒体などに記憶しておく。この記録媒体は、原データに対応する符号値配列を記録する二次元的記録媒体とは異なるメモリ、たとえば、ROM、ハードディスク記録媒体などである。このようにして記録媒体に記憶されている情報を、具体的な原データid (q) (符号化処理単位データq) の二次元RLL符号化処理および二次元RLL復号化処理において使用する。

【0049】なお、以上は一般的なrビットの符号化処理単位データqに対する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を、最短拘束長 d_1 、 d_2 、最長拘束長 k_1 、 k_2 の二次元RLL符号化に適用する場合を述べた。また、対象は二次元的記録媒体に特定せず、一般的に述べた。したがって、本発明の二次元RLL方法は二次元的記録媒体に限らず、一般的な符号化処理単位データqを $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に符号化する場合に適用できる。

【0050】B. 符号化処理

本発明の二次元RLL符号化方法においては、上記パターン選定順位決定処理で得られた情報を用いて、原データid (q) について符号化処理単位データqごとに二

次元RLL符号された適切な符号値配列を選択するという、符号化パターン選択処理を行う。具体的に言えば、光ディスク記録媒体に記憶する符号値配列を選択する場合、記録パターン選択処理になる。二次元RLL符号化処理後、変調などの処理を行って、RLL処理単位データに対応する選択された符号値配列を二次元的記録媒体に記録する。本発明においては、第1文献に記載のごとく、原データを単にシリアルデータを $m \times n$ の二次元配列データに変換するのではなく、上記二次元的RLLによる制約を課して $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列を得る。このような二次元符号値配列は、二次元的な最短拘束長、最長拘束長および連続性などの条件を満足しているから、NRZなどの変換によっても方向によって値が変化するという問題はない。

【0051】C. 復号化処理

本発明の二次元RLL復号化方法においては、二次元的記録媒体に上記のごとく記録された符号値配列を読みだし、パターン選定順位決定処理で得られた情報を用いて、二次元RLL符号化方法と逆の処理をして復号する。最終的にRLL符号化対象の原データid (q) に対応するデータを再生するときは、本発明においてはさらに、好ましいバーチャルレスポンスに基づいて波形等化などの再生処理を行う。

【0052】二次元RLL符号化方法

本発明二次元RLL方法および二次元RLL符号化方法の実施例を述べる。まず、パターン選定順位決定処理について述べる。以下、二次元的記録媒体の例として光ディスク記録媒体を例示する。また、 $m \times n$ マトリクス・セルの具体例として、符号化処理単位データq=0～15 (r=ビット) の二次元符号値配列を表すため、 3×3 マトリクス・セルとする。なお、原データid (q) と符号化処理単位データqとを区別しないで述べるが、個々の処理は4ビットの符号化処理単位データq=0～15について述べ、たとえば、32ビットの原データid (q) にはその処理を8回繰り返すと理解しておく。

【0053】図6 (A)、(B) は、 $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列 (データパターン) の1例として、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の各々の符号値をLSBからMSBに向かって位置づけし、2進数べき乗表記の重み付けをした図表である。本実施例においては、符号化処理単位データq=0～15である。本実施例では、r=4ビットで符号化処理単位データq=0～15の二次元符号値配列を表現するのに、RLL拘束条件などを考慮して、4ビットより充分大きな 3×3 マトリクス・セル、すなわち、9ビットを用いる。 3×3 マトリクス・セルの9個の枠をセルと呼ぶ。本実施例においては、9個のセルは2進数表記で9ビットに相当しており、LSBから順にMSBに向かって、2のべき乗表記で、1、2、4、・・・、256と重みづけする。これらの9ビットを組み合わせると、下記式1に基づいて

コード番号 $n = 0 \sim 511$ を表すことができる。これら
コード番号は符号値配列に対応している。 *

$$n = \sum_{i=0}^8 C(n, i) \times 2^i$$

【0055】上記 3×3 マトリクス・セルは、光ディスク記録媒体の二次元記憶位置に対応している。横方向のセルは光ディスク記録媒体の円周方向に記憶位置（ビット位置）に対応しており、縦方向のセルは光ディスク記録媒体の半径方向（トラック方向）の記憶位置（ビット位置）に対応している。光ディスク記録媒体以外の二次元的記録媒体についても上記同様である。

【0056】図6（A）、（B）において、横方向を列と呼び、列インデックス j で表す。列 j は0、1、2の3列存在する。縦方向を段または行と呼び、段（または行）インデックス k で表す。段 k も0、1、2の3段存在する。また、セル位置をインデックス i で示し、以下の記述において、 $C(i)$ 、 $i = 0 \sim 8$ と表記することもある。以下の記述において、横方向を、 x 方向、また※20

符号値0

(a)	0	0	0
(b)	0	0	1
(c)	1	0	0

【0059】列方向についても同様である。RL Lにおいてこの制約を最短拘束長2Tと言う。本発明においては二次元RL Lであるから、二次元方向に最短拘束長 d_1 、 d_2 が存在するが、本実施例は $m \times n$ マトリクス・セルにおいて $m = n - 3$ であるから、 $d_1 = d_2 = d = 2$ である。図7および図8はコード番号：0～511のうち、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列について最短拘束長2Tの制約を満足するコード番号とその内容を示した図表である。図解の関係で図7と図8とは分離しているが、これらの内容は連続している。

【0060】図7～図8および図9は全コード番号0～511のうち、最短拘束長2Tの制約を満足する101個の符号値配列（コード番号）についてスペース（符号値0）およびマーク（符号値1）を 3×3 マトリクス・セルの符号値配列（データパターン）に図解した図表である。図9に図解したいくつかのコード番号と符号値配列とを例示してその内容を述べる。

コード番号0：段方向（横方向）において1～3段（行）とも符号値0（スペース）が3個連続しており、列方向（縦方向）1～3列とも符号値0が3個連続しているから最短拘束長2Tの条件に合致している。

コード番号1：段方向において、第1段（行）が符号値0が2個連続し、第2段が符号値0が3個連続し、第3段が符号値0が3個連続しており、列方向において、第2列および第1列が符号値0が3個連続し、第0列が符号値0が2個連続しているから、最短拘束長2Tの条件

*【0054】

... (1)

※は、光ディスク記録媒体などの円周方向またはタンジェンシャル方向と呼ぶこともある。同様に、縦方向を、 y 方向または光ディスク記録媒体などの半径方向またはトラック方向あるいはラジアル方向と呼ぶこともある。

【0057】最短拘束長2T

二次元RL Lの第1の拘束条件として最短拘束長を定める。本実施例においては、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の各々の列（縦方向）および段（横方向）の符号値（またはデータ）に関して、同じ符号値が少なくとも2個連続するという最短拘束長を規定する。たとえば、ある段の符号値が0または1で2個以上連続する例を下記に示す。

【0058】

符号値1

(a)	1	1	1
(b)	1	1	0
(c)	0	1	1

を満足している。

図示しないコード番号2：横方向、第1段の符号値が（010）となるので、最短拘束長2Tの制約を満足しない。したがって、本実施例において、コード番号2を二次元RL L符号化対象から除外する。

【0061】図10は 3×3 マトリクス・セルについてコード番号0～511について、最短拘束長2Tの条件を満足するコード番号（左欄）と、この条件を満足しないコード番号（右欄）とを示した図表である。図10の右欄に示した二次元RL L符号化の対象から除外したコード番号の符号値配列、たとえば、（010）や（101）は、光ディスク記録媒体上の記録符号値配列としては現れない。上述したように、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列は0～511の最大512個存在するが、 3×3 マトリクス・セルについての最短拘束長を満足する符号値配列は101個である。

【0062】最大拘束長16T

二次元RL Lの第2の拘束条件として最大拘束長を定める。本実施例において、光ディスク記録媒体の円周方向（横方向、 x 方向）には最大17個以上、符号値1（マーク）または符号値0（スペース）が連続しないという制限を与える。すなわち、本実施例においては、横方向の最大拘束長を16Tとする。まず、この拘束条件を設けた理由を述べる。光ディスク記録媒体からのデータ再生時の時間軸方向は円周方向に該当する。光ディスク記録媒体の円周方向の信号再生時（抽出時）に再生信号に

帯域制限がかかるから、符号値1または符号値0が長く連続すると再生信号に低域成分が発生する。低域成分が長く伸びていると(継続していると)、サーボ信号に悪影響を与えたり、信号読み取り時のS/Nの低下を招き、エラーレートを増加させる原因になる。従って、本実施例においては低域成分を制限するために、連続する符号値0の数または連続する符号値1の数を制限する。次いで、最大拘束長16T、すなわち、17個以上符号値1または符号値0を連続させないという数値の根拠を述べる。本実施例においては3×3マトリクス・セルの符号値配列を1データブロックとして処理を行うから、その符号値配列の識別のために光ディスク記録媒体の円周方向について、4データブロック以上連続して符号値0または符号値1にならないという拘束条件にする。3段(行)については3×4=12セルとなる。これらのセルの前後には少なくとも3つ連続して同じ符号値が並ばないようにすると、その両側のセルの符号値として同じ符号値0または同じ符号値1が続くのはそれぞれ2セルまでとなる。故に、12+2+2=16を越えて同じ符号値が連続しないことになる。すなわち、最大拘束長は16Tである。

【0063】一般的には、縦方向にも最大拘束長を規定するが、二次元的記録媒体として光ディスク記録媒体を例示している本実施例においては、縦方向(トラック方向)には最大拘束長を規定しない。その理由は下記のごとく考えられる。光ディスク記録媒体の記録・再生装置の構成の複雑さの回避および価格の高騰の回避のため現実的な数で光ヘッド数または再生スポットの数が制限される。本実施例においては、スポットの最大数は3~4個程度と考えている。スポット数がこのように現実的な数で制限されるから、縦方向には物理的に最長拘束長が規定されていると考えることができる。なお、二次元的記録媒体としてICメモ리카ード、磁気ディスク記録媒体など用い、多数の磁気ヘッドを用いるときなども、現実的には、物理的な要因で制限されることになるが、そのような制限のない場合は、縦方向に適切な最大拘束長を規定する。

【0064】最短1Tのデータパターンの排除

第1実施例においては最短拘束長2Tを拘束条件としたから拘束長1Tの符号値配列(データパターン)を排除する。したがって、パターン選定順位決定処理の第1段階として、3×3マトリクス・セル内の符号値配列の符号値が最短1Tのものを排除し、3×3マトリクス・セルの符号値配列について最短拘束長2Tの拘束条件を満足するものを検出する。

【0065】図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)は、後述するパターン選定順位決定処理によって得られた、図9に示した3×3マトリクス・セルの符号値配列内で符号値0(スペース)または符号値1(マーク)が3個連続しているかどうかを表す図表で

ある。

【0066】図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)において、nはコード番号0~511を示し、jは図6(B)に示した横方向の列を表す。図11(A)および図12(A)に示したS(n, j)をパターン内連続スペースフラグと呼び、図9に示したスペース(符号値0)の連続を示している。数値0はスペースが3個連続していないことを示し、数値1はスペースが3個連続していることを示す。図11(B)および図12(B)に示したM(n, j)をパターン内連続マークフラグと呼び、図9に示したマーク(符号値1)の連続を表している。数値0はマークが3個連続していないことを示し、数値1はマークが3個連続していることを示す。パターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)は、決定すべき3×3マトリクス・セルの符号値配列の周囲の符号値配列と、決定すべき3×3マトリクス・セルの符号値配列との組み合わせで結果が最長拘束長を満足するか否かを判断するのに使用する。すなわち、ある位置の周囲の符号値配列との最長拘束長をチェックする際、それかのコード番号を検索したとき、その符号値配列が全て同じ符号値であるか否かを迅速に判別するため、事前に、S(n, j)およびM(n, j)を求めておく。

【0067】図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)の縦方向のコード番号nの順番は図9および図10に示したコード番号の順序には並んでいない。これらのコード番号の順序は、図27(A)、

(B)~図30(A)、(B)に示したコード番号の順序と同じであり、後述する、パターン選定順位決定処理によって得られた選択順位aに従った順序である。

【0068】図9をも参照して、図11(A)および図12(A)に示したパターン内連続スペースフラグS

(n, j)および図11(B)および図12(B)に示したパターン内連続マークフラグM(n, j)の具体例を述べる。コード番号0:スペース(符号値0)が0~2列の全てに3個連続しているから、スペース連続記号S(0, 0)=1, S(0, 1)=1, S(0, 2)=1であり、マーク(符号値1)が0~2列のいずれにも存在しないから、マーク連続記号M(0, 0)=0, M(0, 1)=0, M(0, 2)=0である。コード番号511はコード番号0の逆である。すなわち、スペース連続記号S(0, 0)=0, S(0, 1)=0, S(0, 2)=0であり、マーク連続記号M(0, 0)=1, M(0, 1)=1, M(0, 2)=1である。コード番号507:スペース連続記号S(0, 0)=0, S(0, 1)=0, S(0, 2)=0であり、マーク連続記号M(0, 0)=1, M(0, 1)=1, M(0, 2)=0である。

【0069】円周方向の接続および半径方向の接続可能

性

パターン選定順位決定処理の第2段階として、ある 3×3 マトリクス・セルの符号値配列と、隣接する先行する位置の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列との接続可能性(連続性)をチェックする。

【0070】円周方向のデータパターン接続関係： $L(m, n)$

図13は光ディスク記録媒体の円周方向の符号値(データ)の接続関係を図解した図である。光ディスク記録媒体の回転の向きおよび光学ヘッドの位置を考慮すると、右側が先行する位置のセルに該当し、左側が後行する位置のセルに該当する。光ディスク記録媒体の円周方向の接続関係は、先行する位置のセル $C(m, 2)$ が後行する位置のセル $C(n, 0)$ に隣接しており、先行する位置のセル $C(m, 5)$ が後行する位置のセル $C(n, 3)$ に隣接しており、先行する位置のセル $C(m, 8)$ が後行する位置のセル $C(n, 6)$ に隣接している。 m が位置的に(または走査時間的に)先行する位置のコード番号を示し、 n が後行する位置のコード番号を示す。

【0071】図14～図19は、図13に図解した接続関係と図9に図解した 3×3 マトリクス・セルの符号値配列について、光ディスク記録媒体の円周方向の符号値相互の接続が可能かどうかを示す図表である。図14～図19は本実施例で利用可能な全てのコード番号について円周方向の符号値相互の接続可能性を示しているが、図解の関係で第1～第3部分に分割して示した。記号 $L(m, n)$ は光ディスク記録媒体の円周方向の接続を示す円周方向接続可能フラグである。 $L(m, n) = 1$ は光ディスク記録媒体の位置($m:n$)における符号値(データ)が接続可能であることを示し、 $L(m, n) = 0$ は位置($m:n$)における符号値(データ)が接続不可であることを示す。たとえば、図14の第1行は、後行する位置のセル $C(n, 0)$ に対して先行する位置のセル $C(m, \alpha)$ の接続関係を示している。記号 α は図14の第1行のコード番号：0、511、507、・・・を示す。

【0072】半径方向のデータパターン接続関係： $T(m, n)$

図20は光ディスク記録媒体のトラック(半径)方向の接続関係を図解した図である。光ディスク記録媒体の半径方向の接続位置は、先行する(外側)位置のセル $C(m, 6)$ が後行する(内側)位置のセル $C(n, 0)$ に隣接し、先行する位置のセル $C(m, 7)$ が後行する位置のセル $C(n, 1)$ に隣接し、先行する位置のセル $C(m, 8)$ が後行する位置のセル $C(n, 2)$ に隣接している。 m が光ディスク記録媒体の位置的に(走査時間的に)先行する(外側)位置のコード番号を示し、 n が後行する(内側)位置のコード番号を示す。

【0073】図21～図26は光ディスク記録媒体の半径方向の符号値(データ)相互が接続可能かどうかを示す図表である。図21～図26は本実施例で利用可能な

全てのコード番号について半径方向の符号値(データ)相互の接続可能性を示しているが、図解の関係で第1～第3部分に分割して示した。記号 $T(m, n)$ はディスク記録媒体の半径方向(トラック方向)の接続を表す半径方向接続可能フラグである。 $T(m, n) = 1$ は光ディスク記録媒体の位置(m, n)において接続可能を示し、 $T(m, n) = 0$ 位置(m, n)において接続不可を示す。たとえば、図21の第1列は、後行する(内側)位置のセル $C(n, 0)$ に対して先行する(外側)位置のセル $C(m, \beta)$ の接続関係を示している。記号 β は図21の第1列のコード番号、0、511、507、・・・を示す。

【0074】パターン選定順位決定処理の第1段階として、 3×3 マトリクス・セル内の符号値配列が最短2Tの制約条件を満足する状況の下で、以上のとおり、パターン選定順位決定処理の第2段階として、隣接するセルの符号値(データ)相互が、円周方向とトラック方向の両面から接続可能か否かが明確にされている。

【0075】円周方向接続および半径方向接続の具体例
図27(A)～(C)、～、図30(A)～(C)は、符号化処理単位データ q (または $id(q)$)について、パターン選定順位決定処理によって得られた結果の1例を示した図表である。このパターン選定順位決定処理においては、具体的な記録用原データ $id(q)$ に対する符号化処理単位データ q ではなく、将来の接続可能性をチェックするため、符号化処理単位データ $q = 0 \sim 15$ の全てについて、円周方向接続および半径方向接続の状態を求める。パターン選定順位決定処理の結果の詳細については後述する。

【0076】記録データパターン選定順位決定処理方法
図31は、図11(A)、(B)～図12(A)、(B)、図14～図19、図21～図26、図27(A)～(C)、～、図30(A)～(C)に例示した結果を得るための、パターン選定順位決定処理(二次元RL方法)のフローチャートである。この処理は、2次元RL符号化方法および2次元RL復号化方法において共通する情報を得る処理である。コード番号(3×3 マトリクス・セルの符号値配列)の選定順位はセルの前後左右により多く接続できる符号値配列に該当するコード番号の順に選定する。その選択順位は、符号値配列相互に応じて異なる。したがって、図27(A)～(C)～図30(A)～(C)には1例を示したが、最終的には、ある 3×3 マトリクス・セルの符号値配列と他の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列とを隣接させ、その接続可能性を、全ての符号値配列相互について調査し、接続回数の多いものから選択順位 a (コード $N(a)$)を求める。選択順位 a は、図9に図解したように、符号値0相互の接続可能性は、コード番号0のもの、符号値1相互の接続可能性はコード番号511が当然高い。したがって、図11(A)、(B)および図1

2 (A)、(B)に示したように、コード番号0、コード番号511のように選択順位aが決定される。以下、図31のフローチャートに示した処理方法を述べる。

【0077】ステップS1：最短1Tの排除

この処理においては、コード番号0～511に対応する3×3マトリクス・セルの符号値配列のなかで最短1Tになる符号値配列とそれに対応するコード番号を検出する。換言すれば、この処理によって、3×3マトリクス・セル内の符号値配列が最短拘束長2Tを満足する符号値配列を検出し、そのコード番号または符号値配列を使用可能フラグE(n)=1とする。nはコード番号である。コード番号0～511のなかからこの判定処理によって得られた利用可能な101個のコード番号の符号値配列が図9に図解されている。ステップS1における処理の詳細は図33を参照して後述する。

【0078】ステップS2：L(m, n)の算出

3×3マトリクス・セル内の符号値配列で最短拘束長2Tを満足する符号値配列(コード番号)について、光ディスク記録媒体の円周方向において、ある3×3マトリクス・セルの符号値配列と、他の3×3マトリクス・セルの符号値配列とを隣接させた場合、円周方向の境界における符号値相互が最短拘束長d=2を満足し、それらの符号値配列同士が円周方向に接続可能であるか否かをチェックし、境界において最短拘束長d=2を満足する場合、円周方向接続可能フラグL(m, n)=1にする。この処理によって得られた結果を、図14～図19に示した。ステップS2の処理の詳細は図33を参照して後述する。

【0079】ステップS3：T(m, n)の算出

ステップS2における円周方向の接続可能性の処理を半径方向についても行う。すなわち、3×3マトリクス・セル内の符号値配列で最短拘束長2Tを満足する符号値配列(コード番号)について、光ディスク記録媒体の半径方向において、ある3×3マトリクス・セルの符号*

$$X(n) = \sum_i L(i, n) + \sum_i L(n, i) + \sum_i T(i, n) + \sum_i T(n, i) + \dots \quad (2)$$

【0083】総接続可能フラグX(n)の値の大きい順序を決定する理由は、ある実際の記録用原データid

(q)を符号化処理単位データqごと符号化するとき、符号化処理単位データqに対応する符号値配列(データパターン)を確実に一義的に選択できるようにするためであり、その選択順位aの関係から、確実に復号できるようにするためである。選択順位aに従って並べたコード番号の順序が、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)、図14～図19、図21～図26、図27(A)～(C)～図30(A)～(C)に例示されている。ステップS5における処理の詳細は図36を参照して後述する。

【0084】以上の処理をまとめると、本実施例におい

*値配列と、他の3×3マトリクス・セルの符号値配列とを隣接させた場合、半径方向の境界における符号値相互が最短拘束長d=2を満足し、それらの符号値配列同士が円周方向に接続可能であるか否かをチェックし、境界において最短拘束長d=2を満足する場合、円周方向接続可能フラグT(m, n)=1にする。この処理によって得られた結果を、図21～図26に示した。ステップS3の処理の詳細は図34を参照して後述する。

【0080】ステップS4：S(n, i)およびM(n, i)の算出

3×3マトリクス・セル内の符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向に連続する部分をスペース(符号値0)とマーク(符号値1)とに分けてそれぞれ検出し、それらをパターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)で表す。ある列jにおいて、スペース(符号値0)が3個連続している場合、S(n, j)=1であり、スペースが3個連続していない場合、S(n, j)=0である。これらパターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)は、ある3×3マトリクス・セルの周囲の符号値配列の最長拘束長をチェックするときに利用する。この処理によって得られた結果を、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)に示した。ステップS4に処理の詳細は図35を参照して後述する。

【0081】ステップS5：選択順位aの決定

光ディスク記録媒体の円周方向および半径方向において、隣接する3×3マトリクス・セルの符号値(データ)相互の接続可能を示す総接続可能フラグX(n)を下記式2に基づいて計算し、選択順位aに基づいて、総接続可能フラグX(n)の値の大きいコード番号の順序に並べる。

【0082】

ては下記の手順でパターン選定順位決定処理(二次元RLL処理)を行う。第1段階として、3×3マトリクス・セルの符号値配列について、縦方向および横方向に最短拘束長2Tを満足する符号値配列とそれに対応するコード番号nを選別する(ステップS1)。その結果は、使用可能フラグE(n)=1として示される。第2段階として、最短拘束長2Tを満足するコード番号の符号値配列について、光ディスク記録媒体の円周方向および半径方向において隣接する3×3マトリクス・セルの符号値配列相互が最短拘束長2Tを満足し将来接続できるか否かの接続可能性を調査する(ステップS2, S3)。その結果は円周方向接続可能フラグL(m, n)および半径方向接続可能フラグT(m, n)に示され

る。第3段階として、必須ではないが、 3×3 マトリックス・セルを越える二次元領域において符号値の最長拘束長をチェックする便宜的な情報として、 3×3 マトリックス・セルの符号値配列内で円周方向にスペース（符号値0）が連続しているか、マーク（符号値1）が連続しているかを検出しておく（ステップS4）。その結果が、パターン内連続スペースフラグS（n, j）およびパターン内連続マークフラグM（n, j）に示される。第4段階として、光ディスク記録媒体の円周方向、半径方向および前後の接続可能状態を検査して接続可能性の高い順序を選択する（ステップS5）。その結果が、選択順位aおよびコードN（a）として示される。以下、上述した図31の処理の詳細を図32～図36を参照して述べる。

【0085】二次元的に最短拘束長2Tを満足する符号値配列の検出（1Tの排除）

図32は図31のステップS1に示した処理の詳細を示すフローチャートである。図32に示した処理においては、全てのコード番号の符号値配列のうち、二次元的に最短拘束長2Tを満足する符号値配列を検出する。換言すれば、1Tの符号値配列を検出して、符号化対象から外す。図32において、nはコード番号を示す。kは段インデックスであり、段インデックスkは図6（B）における右端の行（段）を示す。記号C（n, k）はコード番号n、セル番号kのデータを示し、符号値0（スペース）か符号値1（マーク）のどちらかである。jは図6（B）に示した列を示すインデックスである。記号C（n, j）はコード番号n、セル番号jの符号値配列を示す。各々のセルの値は、符号値0（スペース）か符号値1（マーク）のどちらかである。使用可能フラグE（n）は、コード番号nの 3×3 マトリックス・セルの符号値配列が二次元方向に最短拘束長2Tを満足しているか否かを示すフラグである。E（n）=1は最短拘束長2Tを満足する符号値配列を示している。E（n）=0なら最短拘束長2Tを二次元的に満足していない符号値配列を示す。Etotalは使用可能フラグE（n）=1の総和を示す。本実施例において、コード番号nは0～511の値をとるが、二次元方向に最短拘束長2Tを満足する利用可能なものは101個である。

【0086】ステップS11：初期値設定

使用可能フラグE（n）を求めるために全てのコード番号0～511について順に調べていくので、初期設定として、コード番号と合計使用可能数Etotalを0に設定する。

【0087】ステップS12～S17：円周方向の符号値の1Tのチェック

3×3 マトリックス・セル内の符号値配列（データパターン）の横方向（光ディスク記録媒体の円周方向）の符号値が最短拘束長2Tではない1Tの関係にある符号値配列を検出する。1段の符号値が最短拘束長2Tを満足し

ない場合、すなわち、円周方向における3個の符号値の隣接する2ヶ所において、符号値が（0-1）または

（1-0）のように異なった値を示し、ある段の3個の符号値が（0-1-0）または（1-0-1）の場合の符号値配列は本実施例では許可されない最短1Tである。符号値配列が1Tの場合は使用可能フラグE（n）=0にする。最短拘束長2Tという条件に合致しない符号値配列を検出する判定条件を、本実施例において、

「不適合符号値配列検出判定条件」という。この不適合符号値配列の検出判定条件は横方向（円周方向）だけでなく、縦方向（半径方向）についても適用する。

【0088】ステップS12においてインデックスi=0にする。i=0は図6（B）の 3×3 マトリックス・セルにおける上段右端のセルを示し、i=3は中段右端のセルを示し、i=6は下段右端のセルを示す。ステップS13において隣接するセルC（n, k）の符号値とセルC（n, k+1）の符号値が同じか否かをチェックし、同じなら最短2Tを満足するから、ステップS16に移行して次の段のチェックのためインデックスiを3だけ加算する。ステップS13において1Tの場合は、ステップS14においてその隣の隣接するセルC（n, k+1）の符号値とセルC（n, k+2）の符号値が同じか否かをチェックし、同じなら最短拘束長2Tを満足するからステップS16に移行して次の段のチェックのためインデックスiを3だけ加算する。 3×3 マトリックス・セルのある段の符号値配列が不適合符号値配列検出判定条件に合致しているとき、条件を満足しないことを示すためステップS15において使用可能フラグE

（n）=0にする。以上の処理をコード番号n=511まで反復する（ステップS18, 19）。ある段の符号値配列が不適合符号値配列検出判定条件に合致しないとき、ステップS17において3段の符号値配列が最短拘束長2Tを満足していることを示すインデックスiが9のとき横方向の1Tのチェックが終了し、縦方向のチェックに移行する。

【0089】ステップS20～S25：半径方向の1Tのチェック

ステップS12～17において 3×3 マトリックス・セルの符号値配列の3段全てに最短拘束長2Tが満足された場合、ステップS20～S25において、横方向（円周方向）と同様、縦方向（半径方向）についても、不適合符号値配列検出判定条件を適用して、 3×3 マトリックス・セルの符号値配列について1Tのチェックを行う。この場合の不適合符号値配列検出処理は、列インデックスjを用いて、縦方向の隣接するセル、C（n, j）の符号値とセルC（n, j+3）の符号値との一致のチェック、セルC（n, j+3）の符号値とセルC（n, j+6）の符号値との一致のチェックである。j=0は図6（B）の最右列、j=1は中央列、j=2は最左列を示す。列方向に最短拘束長2Tが満足されない場合、ステ

ップS23において使用可能フラグ $E(n) = 0$ にする。列方向に 3×3 マトリクス・セルの符号値配列が最短拘束長 $2T$ が満足されている場合、ステップS25において $j = 3$ になるまで反復したか否かをチェックし、 $j = 3$ になるまでステップS21～S24の処理を反復する。

【0090】ステップS26～S27：合計使用可能数 E_{total} の更新

ステップS25において $j = 3$ の場合、符号値配列に連続性があるから、ステップS26において使用可能フラグ $E(n) = 1$ にし、ステップS27において合計使用可能数 E_{total} を更新する。

【0091】ステップS18～S19：判定終了

以上の処理をコード番号0の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列から、順次判定していき、コード番号が最終の511となったところで、最短拘束長 $2T$ を満足する判定処理、すなわち、図31のステップS1に対応する処理を終了する。

【0092】以上の処理により、コード番号0～511について、図6(B)に図解した 3×3 マトリクス・セルで規定される符号値配列が最短拘束長 $2T$ を満足し、さらに、横方向かつ縦方向において符号値が連続するコード番号の合計使用可能数 E_{total} が算出される。本実施例では合計使用可能数 $E_{total} = 101$ となる。

【0093】円周方向の接続可能性のチェック：L(m, n)

図33は、図31のステップS2に示した円周方向接続可能判定の詳細を示すフローチャートである。円周方向の接続可能性の対象となる符号値配列は、使用可能フラグ $E(n) = 1$ のコード番号の符号値配列である。

【0094】ステップS31～S33：初期設定
初期値として、インデックス m 、 n および全ての円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ を0に初期設定する。

【0095】ステップS34：使用可能な符号値配列のチェック

使用可能フラグ $E(n)$ が0であるか否かをチェックする。 $E(n) = 0$ であればそのコード番号の符号値配列は、横方向および縦方向に最短コード番号 $2T$ を満足しない。その場合はステップS42に移行してコード番号 n を1つ進め、次のコード番号の符号値配列についてチェックを行う。

【0096】ステップS35：初期化

使用可能フラグ $E(n) = 1$ の場合、最短拘束長 $2T$ を満足する符号値配列の円周方向の連続性のチェックを行うため、インデックス i を0に初期化する。

【0097】ステップS36～S41：円周方向の接続可能性チェック

円周方向で隣接するコード番号 m の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列とコード番号 n の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列との境界における符号値に接続可能か

否かは、隣接する符号値配列においても、最短拘束長 $2T$ を満足するか否かがまず問題となる。その条件は、当該 3×3 マトリクス・セルの符号値配列に対して、円周方向に先行する位置で隣接するマトリクス・セルのの接続部にあたるセル $C(m, k+2)$ とセル $C(n, k+1)$ との符号値が異なっており、さらに、対象としている 3×3 マトリクス・セルの外周部のセルの符号値と当該対象としている 3×3 マトリクス・セルの前後に位置する 3×3 マトリクス・セルの外周部のセルの符号値とが異なることである。逆に接続可能条件は下記になる。

(a) ステップS36において隣接するセル $C(m, k+2)$ の符号値とセル $C(n, k+1)$ の符号値とが一致していること、(b) ステップS37において同じ 3×3 マトリクス・セル内でセル $C(m, k+1)$ の符号値とセル $C(m, k+2)$ の符号値とが一致しており、さらに、ステップS38において隣の 3×3 マトリクス・セルでセル $C(n, k)$ の符号値とセル $C(n, k+1)$ の符号値とが一致していること。上記いずれかの判定により、光ディスク記録媒体の円周方向に隣接するコード番号 m とコード番号 n の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の境界において、最短拘束長 $2T$ を満足し、接続可能であると認定されると、ステップS39に移行してインデックス i を更新し、全セルについて、 $i = 9$ になるまで反復する(ステップS40)。 $i = 9$ に到達したとき、ステップS41において円周方向接続可能フラグ $L(m, n) = 1$ に設定し、光ディスク記録媒体の円周方向に隣接するコード番号 m とコード番号 n の符号値配列相互が接続可能であることを示す。

【0098】ステップS42～S43

以上の処理をコード番号 $n = 512$ に到達するまで反復する。

【0099】ステップS44～S45

以上の処理をコード番号 $m = 512$ に到達するまで反復して、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内において二次元的に最短拘束長 $2T$ を満足する符号値配列の全てについて、ある符号値配列と他の符号値配列とを隣接させた場合、隣接した符号値配列の接続部においても最短拘束長 $2T$ を満足するものをチェックして、接続可能性のある符号値配列の組合せを求める。

【0100】ステップS46

使用可能フラグ $E(m) = 1$ ならばステップS32から上記処理を反復し、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列自体について最短拘束長 $2T$ を満足せず $E(m) = 0$ ならばステップS47において円周方向接続可能フラグ $L(m, n) = 0$ として、ステップS44に移行してコード番号 m を更新する。

【0101】以上の処理によって、全てのコード番号 n について、円周方向に先行するコード番号 m を基準として、光ディスク記録媒体の円周方向について符号値配列

が接続可能か否かがチェックされた。その結果の1例を図14～図19に示した。円周方向接続可能フラグL

(m, n) = 1 ならば、先行する位置の符号値配列と、それに続く符号値配列とが円周方向に接続可能であることを示す。

【0102】半径方向の接続可能性のチェック：T (m, n)

図34は図31のステップS3に示した光ディスク記録媒体の半径方向に符号値が接続可能か否かをチェックする処理の詳細を示すフローチャートである。半径方向についても、使用可能フラグE (n) = 1 で利用可能な符号値配列相互が半径方向に接続可能か否かを検査する。半径方向接続可能フラグT (m, n) の求め方は、方向が異なることを除いて、図24を参照して述べた円周方向接続可能フラグL (m, n) の求め方と基本的に同じである。したがって、図25においては、図24におけるインデックスiに代えて列インデックスjを用い、その更新を1つごとに行い(ステップS59)、円周方向接続可能フラグL (m, n) に代えて半径方向接続可能フラグT (m, n) を更新する。

ステップS5.1～S5.3：初期設定

初期値として、インデックスm、nおよび全ての半径方向接続可能フラグT (m, n) を0に初期設定する。

【0103】ステップS54：対象とする符号値配列の確認

使用可能フラグE (n) が0であるか否かをチェックする。E (n) = 0 あればここでの処理の対象外である。その場合はステップS62に移行してコード番号nを1つ進め、次のコード番号についてチェックを行う。

【0104】ステップS55：列番号の初期化

使用可能フラグE (n) = 1 の場合、半径方向の接続可能性をチェックするため、列インデックスjを0に初期化する。

【0105】ステップS56～S60：半径方向の接続可能性チェック

コード番号nの3×3マトリクス・セルの符号値配列と、半径方向に先行する位置に隣接する3×3マトリクス・セルの符号値配列相互が最短コード番号2Tを満足し、接続可能か否かは下記の判定による。

(a) ステップS56において先行する位置にある隣接するマトリクスセルC (m, j+6) の符号値とC (n, j) との符号値が一致していること、(b) ステップS57で同じマトリクスセル内でC (m, j+3) の符号値とC (m, j+6) との符号値が一致しており、さらに、ステップS58で先行する隣のマトリクスセル内でC (n, j) とC (n, j+3) との符号値が一致していること。

【0106】ステップS59、S60

上記いずれかの判定により半径方向に先行する位置の隣接する符号値配列と接続可能性があると認定されると、

ステップS59に移行して列インデックスjを更新し、j = 3になるまで反復する(ステップS60)。

【0107】ステップS61

j = 3に到達したとき、そのコード番号nの3×3マトリクス・セルの符号値と隣接するコード番号mの3×3マトリクス・セルの符号値とは半径方向に接続可能性のあるから、ステップS61において半径方向接続可能フラグT (m, n) = 1に設定し半径方向に接続可能であることを示す。

10 【0108】ステップS62～63

以上の処理をコード番号n = 512に到達するまで反復する。

【0109】ステップS64～65

以上の処理をコード番号m = 512に到達するまで反復する。

【0110】ステップS66

使用可能フラグE (m) = 1 ならばステップS52から上記処理を反復し、E (m) = 0 ならばステップS67において半径方向接続可能フラグT (m, n) = 0として、ステップS64に移行してコード番号mを更新する。

【0111】以上の処理によって、全ての利用可能な符号値配列相互について、光ディスク記録媒体の半径方向について符号値配列相互が接続可能か否かがチェックされた。その結果の1例を図21～図26に示す。半径方向接続可能フラグT (m, n) = 1 ならばそのコード番号mとコード番号nのマトリクス・セルの符号値配列相互が半径方向に接続可能であることを示している。

【0112】以上の処理によって、3×3マトリクス・セルの符号値配列内において二次元的に最短拘束長2Tを満足し、さらに、円周方向に隣接する符号値配列相互が接続可能であり、かつ、半径方向において隣接する符号値配列相互が接続可能であるものが検出される。このように、円周方向に接続可能な符号値配列相互、半径方向に接続可能な符号値配列相互を事前に求めておけば、実際の符号化の際、これら接続可能な符号値配列を選択できる。

【0113】S (n, i)、M (n, i) の算出

図35は、図31のステップS4に示した、パターン内連続スペースフラグS (n, j) とパターン内連続マークフラグM (n, j) の求め方の詳細を示すフローチャートである。符号値配列を連続させたとき、二次元的RLLの条件として、本実施例においては、二次元的に最長拘束長16Tを満足するように符号化する。上述したように、最長拘束長16Tを検出する場合、ある段kの符号値配列が3個連続して同じ符号値である場合、3×3マトリクス・セルが最大4ブロック連続すると、3×4 = 12個、同じ符号値のものが連続し、5ブロック前の3×3マトリクス・セルの段kの符号値が3個連続していないとしても、2個のセルの符号値が同じ可能性が

ある。以上で14個同じ符号値が連続する可能性がある。そして、現在の位置の 3×3 マトリクス・セルの段 k の符号値が最大2個連続して同じ場合、最長拘束長16Tとなる。このような最長拘束長の検出には、ある 3×3 マトリクス・セルのある段 k の符号値配列が3個連続しているか否かを、実際に光ディスク記録媒体から隣接する位置の記憶データを読み出すことなく、かつ、そのために大きなメモリを準備してその保存をすることなく、可能にし、かつ、迅速に判断できる指標をコード番号ごとあるはい符号値配列ごと、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ とパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ を事前に調査しておき、最長拘束長16Tを検出するために用いる(図37、ステップS108、S109および図41、ステップS164を参照)。本実施例では、光学ヘッドの数などにより自ずと最大拘束長が制限されていて強いて制限する必要がないから、光ディスク記録媒体の円周方向にのみ最長拘束長の判断を行う。したがって、円周方向についてのみ、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内で3個連続した符号値があるか否かを事前に検査して、符号化する。符号化した結果を、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ という。パターン内連続スペースフラグ $S(n, j) = 1$ は、コード番号 n の符号値配列における列 j 方向(すなわち、円周方向)の符号値についてスペース(符号値0)が3個連続していることを示す。 $S(n, j) = 0$ は列 j 方向における符号値についてスペースが3個連続していないことを示す。パターン内連続マークフラグ $M(n, j) = 1$ は、コード番号 n の符号値配列における列 j 方向の符号値についてマーク(符号値1)が3個連続していることを示す。 $M(n, j) = 0$ は列 j 方向における符号値についてマークが3個連続していないことを示す。

【0114】図35において、コード番号 $n = 0 \sim 511$ について、下記処理を行う。ステップS71においてコード番号 n の初期化処理、S72において列インデックス j の初期設定を行う。ステップS73およびS74においてマトリクス・セルの符号値をチェックして、隣接する符号値が一致していないときは、ステップS78においてパターン内連続スペースフラグ $S(n, j) = 0$ 、パターン内連続マークフラグ $M(n, j) = 0$ にする。ステップS73およびS74においてマトリクス・セルの符号値をチェックして隣接するセルの符号値*

$$n = N(a)$$

【0118】ステップS88において選択順位 a をクリア(0にセット)した後、ステップS89~S93においてコード番号 $n = 0$ から順に仮総接続可能フラグ $X'(n)$ の最大値 X_{\max} を検索し、その最大値のコード番号 n を $N(a)$ とする。

【0119】仮総接続可能フラグ $X'(n)$ の最大値 X

*が一致しているときは、(a)ステップS75において $C(n, 3j)$ の符号値=0ならば、ステップS76においてパターン内連続スペースフラグ $S(n, j) = 1$ に設定し、パターン内連続マークフラグ $M(n, j) = 0$ に設定し、(b)ステップS75において $C(n, 3j)$ の符号値=1ならば、ステップS77においてパターン内連続スペースフラグ $S(n, j) = 0$ を設定し、パターン内連続マークフラグ $M(n, j) = 1$ に設定する。以上のごとく算出した結果の例を、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)に示す。

【0115】パターン選定順位決定

図36は図31のステップS5に示し処理の詳細をフローチャートである。以上の処理結果によって、利用可能な符号値配列、光ディスク記録媒体の円周方向、半径方向の両方向で接続可能な符号値配列が判るが、さらに、接続可能性の高い順序を事前に決めておく。このようにして求めた結果を、選択順位 a という。図36に示した処理においては、選択順位 a を決めるため円周方向、半径方向の両方向の接続可能フラグの総和である総接続可能フラグ $X(n)$ を求める。

【0116】図36のステップS81、S82において $n = 0$ 、 $m = 0$ および総接続可能フラグ $X(n) = 0$ にする。ステップS83において、後行するコード番号 n の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列に対し先行するコード番号 m の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列がそれぞれ接続可能であることを円周方向接続可能フラグ $L(m, n) = 1$ およびその逆の位置関係の $L(n, m) = 1$ 、半径方向接続可能フラグ $T(m, n) = 1$ およびその逆の位置関係の $T(n, m) = 1$ をコード番号 m を変化させながら加えていき、総接続可能フラグ $X(n)$ を求める。総接続可能フラグ $X(n)$ が求められた後、ステップS86において選択順位決定用に $X'(n) = X(n)$ とおく。今後、総接続可能フラグ $X(n)$ を使用するが、選択順位決定時に値を変化させるため仮総接続可能フラグ $X'(n)$ を設けている。次に、総接続可能フラグ $X(n)$ からコード番号 n が選択順位の何番目に位置するかを決める。実際に使用するのは仮総接続可能フラグ $X'(n)$ である。選択時の選択順位を a を表す。コード番号 n と選択順位 a とは次式で表される。

【0117】

... (3)

\max が求まると、ステップS91において $X_{\max} = X'(N(a))$ にし、ステップS94において $X'(N(a)) = 0$ とし、ステップS95において選択順位 a を更新して、再びステップS89から仮総接続可能フラグ $X'(n)$ の最大値 X_{\max} を検索する。選択順位 a が総使用可能コード数 E_{total} になるまで以上の処理

を行う(ステップS96)。以上により、コード番号に対応する符号値配列の選択順位aが決定される。図27(A)~(C)~図30(A)~(C)などにおけるコード番号はこの選択順位aに従って並んでいる。

【0120】以上のパターン選定順位決定処理によって得られた結果は、下記に述べる、記録パターン選択処理および記録パターン再生処理に利用される。

【0121】記録パターン選択処理

次いで、本発明の二次元RLL符号化方法における記録パターン選択処理について述べる。図37は記録データの

パターン選択処理を示す。
【0122】図37は、符号化処理単位データq(id(q))を光ディスク記録媒体の位置(f, g)に記録するときの記録符号値配列の選択方法を示すフローチャートである。fは光ディスク記録媒体の円周方向の位置を示し、gは光ディスク記録媒体の半径方向の位置を示す。

【0123】ステップS101:記録データの入力(指定)

記録用原データid(q)として実際の値が入力されると、たとえば、id(q)は32ビットのデータ、このデータid(q)を、4ビットの符号化処理単位データq(q=0~15)に区分し、以下の処理を行う。以下の処理単位は、符号化処理単位データqごとであり、その処理を8回反復する。しかしながら、以下の処理は、記述の簡略化のため、符号化処理単位データqについて1回のみ、あるいは、便宜上、原データid(q)について処理を行うと仮定して述べる。なお、記録用原データid(q)とともに、光ディスク記録媒体に記憶すべき二次元位置(f, g)も指定される。fは光ディスク

記録媒体の円周方向(横方向)の位置であり、gは半径方向(縦方向)の位置である。

【0124】ステップS102、S103

実際の記録用原データid(q)に対する符号化処理単位データqの符号化データは、光ディスク記録媒体の位置(f, g)の周囲の符号値配列(データパターン)にも依存する。したがって、ステップS102において、既に光ディスク記録媒体に既に記憶されている、または、光ディスク記録媒体に記憶する前に所定のメモリに一次的に蓄積してある、光ディスク記録媒体上の二次元方向の隣接する2つの位置(f, g-1)と(f-1, g)の符号値配列(データパターン)DP⁻¹(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)を参照する。位置(f, g-1)は半径方向に隣接し先行する位置を示し、(f-1, g)は円周方向に隣接し先行する位置を示す。DP⁻¹(f, g-1)は、位置(f, g-1)における符号値配列(データパターン)を示す。ステップS103において、本実施例においては同じ符号値が最長16T以上には連続しないという最長拘束長で拘束するため、す

列が、符号値1(マーク)が連続しているか、あるいは符号値0(スペース)が連続しているかを、マトリクス・セルの段kについてチェックする。

【0125】ステップS104:判定条件の付加

ステップS105において原データid(q)の符号化処理単位データqに対応する符号値配列の判定を行うが、4ブロックの3×3マトリクス・セルの符号値配列が符号値1(マーク)が連続しているあるいは符号値0(スペース)が連続している段kがあれば、5ブロックにわたって同じ符号値が連続して接続している可能性があるため、ステップS104において、事前に求めた、パターン内連続スペースフラグS(n, k)またはパターン内連続マークフラグM(n, k)をステップS105における判定条件に加えられるように設定する。

【0126】ステップS105~S107、S11:データパターンの決定

ステップS105において、位置(f, g)に隣接する位置(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)のデータパターンDP⁻¹(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)を参照して接続可能な符号値配列(コード番号)を順次検索していく。ステップS106において原データid(q)の符号化処理単位データq(id(q))についての符号値配列について接続可能な該当する符号値配列があるか否かをチェックし、該当する符号値配列が存在したときは、ステップS107においてコード番号nについて検索された符号化データパターン(コード番号)CP(n)を選択パターンDP(f, g)として決定する。その後、ステップS111において、全ての原データid(q)について処理したか否かをチェックする。

【0127】ステップS106、S108~S110、S111:符号値配列の決定

ステップS106において実際の原データid(q)の符号化処理単位データqに対する該当する符号値配列が存在しないと判定されたときは、その符号化処理単位データqに対して適切な符号値配列を当てはめることができないので、ステップS108において、暫定的に、最後の符号値配列を選択して光ディスク記録媒体の位置(f, g)に記録するものとして、ステップS109において次の位置(f+1, g)に続けて符号値配列の選択処理を行い、ステップS110において暫定的にコードパターンCP(n)を選択パターンDP(f+1, g)として決定する。以上のように、該当する適切な符号値配列が得られない場合には、光ディスク記録媒体の指定された位置(f, g)には選択可能な最後のコード番号に対応する符号値配列を暫定的に決定し、最後のコード番号のつぎのコード番号から選択可能な符号値配列を決定し、その結果を位置(f, g)に対して円周方向の隣に位置(f+1, g)に記憶するようにする。すなわち、1つの原データid(q)(符号化処理単位データq)に対して、1の符号値配列が指定された位置

(f, g)に記憶できるときもあるが、2つの符号値配列を指定された位置(f, g)と円周方向に隣接する位置(f+1, g)に記憶するようになる。なお、本実施例においては、2番目の符号値配列情報を円周方向の隣接する位置(f+1, g)に続けて記憶する例を示したが、事前の規則によって、2番目の符号値配列情報を半径方向に隣接した位置に続けて記憶してもよい。あるいは、自由に指定し、その指定に従って方向に隣接させることもできる。以上の処理を最終データに到達するまで反復する(ステップS111)。

【0128】図38～図40は図37に示した記録パターン選択の詳細処理を示すフローチャートである。図38～図40は連続している処理を図解の関係で分割して図解したものである。以下、図38～図40の処理の要点を述べる。この例は、符号化処理単位データqについて最大データ数 q_{\max} 個の連続した記録データの記録パターン選択方法を示している。

【0129】図38、ステップS121

ステップS121において、初期設定として、光ディスク記録媒体の記録位置(f, g) = (0, 0)とする。

【0130】ステップS122～S125

符号値0(スペース)が連続しているパターン数を示すスペース連続フラグSL(k)の全てと、符号値1(マーク)が連続しているパターン数を示すマーク連続フラグML(k)の全てをクリア(0にセット)する。

【0131】ステップS126～S129

ステップS126において初期設定として検索数cを0にセットする。ステップS127においてスペース連続フラグSL(0)、SL(1)またはSL(2)のいずれかが3ブロックであるか、または、マーク連続フラグML(0)、ML(1)またはML(2)が3を示しているかをチェックする。これらのSL(k)またはML(k)が4を示すときは符号値0(スペース)または符号値1(マーク)が9～12個連続しているのを、検索条件にそれ以上は連続していないことを追加する必要がある。よって、SL(k)またはML(k)のいずれかが3であるときは、ステップS128において次なる検索条件に同じ符号値が連続していないことを加える連続最長フラグTLFを1にセットする。ステップS127においてSL(k)またはML(k)のいずれかが4で

ないときはステップS129において連続最長フラグT*

$$D(a) = (L(P^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続} \\ \& (T(P^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続} \\ \& (LF(a) = 0) \cdots \text{連続接続} \\ \cdots (4)$$

【0138】ステップS133

上記3つの条件を満足したコード番号N(a)が得られると、ステップS133において符号化処理単位データq+1(原データid(q)+1)が検索数cと同じであるか判定する。

*LFを0にセットする。以下、図39の処理に続く。

【0132】図39、ステップS130

初期値として、選択順位aを0にし連続条件判定式LF(a)を0にする。

【0133】ステップS131

連続最長フラグTLFをチェックする。TLFが1の場合は、図31の処理に移行し連続条件判定LF(a)に判定条件を付け加える。

【0134】図40、ステップS152、ステップS153～S155、S154～S156、S157～S158

TLFが1の場合は、ステップS152において段インデックスkを0に設定した後、ステップS153～S158において、どの段kのスペース連続フラグSL

(k)またはマーク連続フラグML(k)が3を示しているかチェックし(ステップS153、S155)、SL(k)またはML(k)が3である段kのパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)を連続条件判定式LF(a)を追加する(ステップS154、S156)。全ての段でこの処理を終えると(ステップS157～S158)、図39のステップS132の処理に移行する。

【0135】更新された連続条件判定式LF(a)は、次に来るコード番号の判定すべき3×3マトリクス・セルの符号値配列の段kに連続してはいけなパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)に1が立っていると、使用不可を示す0以外になり、そのコード番号を選択の対象から排除する。

【0136】図39、ステップS132

下記式4で規定される判定式D(a)の値が真(TRUE)、すなわち、D(a) = 1であるとき、コードN(a)は選択可能コードとなる。下記式において記号&は論理積(AND)を示す。下記判定式は、符号化処理単位データqに対して選択される符号値配列とそれに対応するコード番号n(これをN(a)として示す)としては、円周方向接続条件、半径方向接続条件および連続接続条件の3つの条件が同時に満足されなければならないことを規定している。

【0137】

【0139】ステップS139～S140

q+1(原データid(q)+1)が検索数cと同じであれば、ステップS139において検索数c=0にクリアし、データ数qを更新し、ステップS140においてコードパターン(選択コード番号)CP(n)を位置

(f, g)におけるデータパターンDP (f, g)にする。

【0140】ステップS134、S135～S136、S137

ステップS133における、 $q+1$ (原データid (q) + 1) が検索数cより大きいと判定された場合は、暫定的に、ステップS134において現在検索されたコードN (a) をコード番号nに保持しておき、ステップS135～S136において検索数cが16 (符号化処理単位データq = 0～15以上の数字) の場合を除きステップS137の処理に移行して次のコード番号の検索 (選択) に入る。

【0141】ステップS139、S140

ステップS136におけるチェックで検索数c = 16の場合は、ステップS139において $q = q+1$ としデータを更新し、検索数cをクリアし (0にセットする)、ステップS140において位置 (f, g) のデータパターン (符号値配列) DP (f, g) をコードパターンCP (n) にする。

【0142】ステップS138、S140

適切な符号値配列 (データパターン) に対応するコード番号N (a) が決定するまで上記検索が続けられるが、ステップS138において、選択順位aが総使用可能コード数Etotalを越えると、該当するコード番号に対応する適切な符号値配列がないことになる。その場合は、ステップS140に移行して、暫定的に、最後に検索されたコード番号を光ディスク記録媒体の指定位置 (f, g) に記録し、円周方向の次の位置 (f+1, g) に選択符号値配列を記録する。該当するコード番号がない場合は、符号値 (データ) の更新及び検索数cのクリアを行わない。このような処理を行うことにより、符号化処理単位データq (id (q)) = 15でない限り、最終の検索コードは、次の符号値配列決定の受渡しに使われるので、再生時の誤検出はなくなる。

【0143】ステップS143～S151

記録用原データid (q) の符号化処理単位データqに対応する適切な符号値配列が選択されると、図39のステップS143～S151において最長拘束長のためのチェックが行われる。各列jごとに符号値0 (スペース) および符号値1 (マーク) の連続性がチェックされ、パターン内連続スペースフラグS (n, j) が0の時にはスペース連続フラグSL (j) はクリアされ、S (n, j) = 1の場合はSL (k) に1が加えられる。同様に、パターン内連続マークフラグM (n, k) が0の時にはマーク連続フラグMJ (k) はクリアされ、M (n, k) = 1の場合はMJ (k) に1が加えられる。図38、ステップS127、S128またはS129符号値配列の全ての段kについてチェックが終わると、図38のステップS127の判定処理に飛び、ステップS128またはS129における連続最大フラグTLF

のセットに再び入る。

【0144】図39、ステップS142

以上のループ処理を繰り返しながら、図39のステップS142においてデータ数qが最大数qmaxと到達したところで、パターン選定順位決定の処理を終了する。

【0145】上記パターン選定順位決定処理および記録パターン選択処理に従って得られたパターン選択例を図27 (A)～(C)～図30 (A)～(C)を参照して述べる。図27 (A) は光ディスク記録媒体の位置

(f, g) に記録用原データid (q) (または符号化処理単位データq = 2) を符号化して記憶する場合、記憶位置 (f, g) の円周方向に手前の (先行する) 位置 (f-1, g) のコード番号が447で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の (先行する) 位置 (f, g-1) のコード番号が64である場合の、符号化処理単位データq = 2に対応する符号値配列とそれに対応するコード番号を選択する例を示す図表である。コード番号N (a) は上述したパターン選定順位決定方法によって求めた選択順位aに従って接続可能性の高い順序に並んでいる。コード番号N (a) に対して円周方向接続可能フラグL (m, n) = L (447, n) と半径方向接続可能フラグT (m, n) = T (64, n) とを計算し、その両方の論理積 (AND) をとった条件式D (a) を得た。フラグL (447, n) は図14～図19に例示したもの、フラグT (64, n) は図21～図26に例示したものに基いている。図27 (A) に示した、コード番号n = 64について考察すると、図14に示したとおり円周方向接続可能フラグL (447, 64) = 1であるから円周方向には接続可能であるが、図21に示したとおり半径方向接続可能フラグT (64, 64) = 0なので半径方向に接続できない。したがって、判定式D (a) = 0となり、コード番号n = 64は使用できない。

【0146】円周方向接続可能フラグL (447, n) と半径方向接続可能フラグT (64, n) が共に1であり判定式D (a) = 1であるコード番号とそれに対応する符号化処理単位データq (id (q)) の値を、図27 (A) の図表の上から順に検索していくと、下記になる。

【0147】id (q) = 0のときはN (a) = 0

id (q) = 1のときはN (a) = 255

id (q) = 2のときはN (a) = 1

すなわち、この例では、原データid (q) = 2 (q = 2) のとき選択されるコード番号N (a) は1となる。したがって、コードパターンCP (n) を1にする。なお、コード番号N (a) = 1に対応する符号配列は、図9に図解されており、3×3マトリクス・セルのLSBのみ符号値1である。

【0148】図27 (A) には、L (447, n) = 1、T (64, a) = 1かつD (a) = 1であるパター

ン数(コード番号)が19個ある。したがって、0~15の16個の原データid(q)(符号化処理単位データq)に対しコード番号N(a)を割り当てることができる。図27(A)においては19個の利用可能なコード番号N(a)のうち、接続可能性の高い上位から16個を使用する。

【0149】図27(B)は、光ディスク記録媒体の位置(f, g)に原データid(q)=10(q=10)を記憶するとき、円周方向に先行する(手前の)位置

(f-1, g)のコード番号が4であり、半径方向の先行する(手前の)位置(f, g-1)のコード番号が0のとき、符号化処理単位データq=10に対応するコード番号(符号値配列)を選択する例を示した図表である。

図27(B)に示した例は光ディスク記録媒体の円周方向において連続しているという制限は課していない。半径方向には、上述したとおり、最長拘束長の制約を課していない。この例において、判定式D(a)=1である選択可能なパターンは35個ある。したがって、原データid(q)=0~15(q=0~15)の16個の全てに対しコード番号N(a)を割り当てることができる。この例では、原データid(q)=10のときコード番号N(a)は127になる。コード番号127の実際の符号値配列は図9に示されている。

【0150】図27(C)は図27(B)と同様、光ディスク記録媒体の位置(f, g)に記録用原データid(q)=10(q=10)を符号化して記憶するとき、円周方向に先行する位置(f-1, g)のコード番号が4で(L(4, n))、半径方向の手前の位置(f, g-1)のコード番号が0の時、原データid(q)=10に対応する符号値配列(コード番号)の選択例を示す図表である。なお、一般的に位置(f, g)といっ

ても、図27(C)の位置と図27(B)の位置とは実際の数値は異なる。また、図27(C)に示した例は、図27(B)の例と異なり、光ディスク記録媒体の円周方向において同じ符号値が連続しているという制限を課している。この図表の下に、位置(f, g)に対して、円周方向の一つ前の位置(f-1, g)の3×3マトリクス・セルの符号値配列のパターン内連続スペースフラグS(n, j)とパターン内連続マークフラグM(n, j)が表示されている。先行する位置のコード番号が4

の場合は、図9を参照すると、S(4, 0)=0、S(4, 1)=1、S(4, 0)=1である。3×3マトリクス・セルの上段であるk=0で、スペースが3個連続していてパターン内連続スペースフラグS(n, k)=1の場合は、フラグS(n, 0)が判定条件式D(a)に加わることになる。この場合は、原データid(q)=10(q=10)のコード番号は79になる。

同じ原データid(q)=10でも、図27(B)に示した制限のない場合とはコード番号=127であったが、この例ではコード番号=79であり、状況によって

対応するコード番号(符号値配列)は異なる結果となる。

【0151】このように、符号値の連続に対する制限のある場合と制限がない場合とでは、同じ原データid(q)に対して選択される符号値配列、すなわち、コード番号は異なる。換言すれば、本発明の二次元RLL符号化方法においては、原データid(q)によって一義的には符号値配列(コード番号)は決まらず、原データid(q)の値および記憶位置(f, g)とその隣接する符号値配列によって、求めるべき符号値配列、すなわち、コード番号が決定される。

【0152】図29(A)は光ディスク記録媒体への記録位置(f, g)に対して、円周方向に先行する位置

(f-1, g)のコード番号が94で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の位置(f, g-1)のコード番号が76の場合に、記録用原データid(q)=5(q=5)を符号化して記憶する場合の選択例を示す図表である。図29(A)において選択可能なコード番号の数(符号値配列の数)は13個しかなく、16個全ての記録用原データid(q)の選択には使用できないが、この例は、原データid(q)が5なので選択でき、コード番号として265を選択できる。しかしながら、原データid(q)=15などについては、選択できないから、特別の処理が必要になる。その例を下記に述べる。

【0153】図29(B)は、図29(A)と同様、光ディスク記録媒体のデータ記憶位置(f, g)に対して円周方向に先行する位置(f-1, g)のコード番号が94で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の位置

(f, g-1)のコード番号が76の場合に、記録用原データid(q)=15(q=15)を符号化するときのコード番号の選択例を示す図表である。図29(B)に示した例の選択可能パターン数は、図29(A)に示した例と同様、13個である。したがって、原データid(q)=13, 14, 15に対応する符号値配列は選択できない。選択可能な最後のコード番号=307は本来、原データid(q)=12に対応する符号値配列のコード番号に使用すべきであるが、本実施例において

は、選択できないコード番号のため暫定的なコード番号として最後のコード番号を使用する(図表では、それをDと表記している)。そこで、原データid(q)が12, 13, 14または15の場合は、位置(f, g)のコード番号は、暫定的に図表の最後の検索コード307とする。さらに、原データid(q)=15-11=4(このデータを残りの原データid(q)'または残りの符号化処理単位データq'という)に該当する符号値配列を選択して、記録位置(f, g)と隣接する位置

(f+1, g)に記録させる。すなわち、判定式D(a)=1を満足する符号値配列(コード番号)が不足する時は、位置(f, g)と隣接する位置(f+1, g)に該当する符号値配列を選択する。残りの原データ

$id(q)'$ に対応する符号値配列を選択する詳細な処理は、図37のステップS106、S108、S109、S110を参照して述べた。その選択例を図29(C)に示す。

【0154】光ディスク記録媒体の指定記録位置 (f, g) のコード番号は図29(B)示したように、307である。残りの原データ $id(q)' = 15 - 11 = 4$ に対応する符号値配列の選択において、指定記録位置 (f, g) を円周方向の先行する位置 $(f-1, g)$ として扱い、先行するその位置に記録される符号値配列は、上記コード番号307に対応する符号値配列であると仮定する。図29(C)に例示したように、指定位置 (f, g) と隣接する新たな記録位置と半径方向で先行する位置 $(f+1, g-1)$ のコード番号は319である。図29(C)の判定式 $D(a) = 1$ であるコード番号を順に検索して、残りの原データ $id(q)' = 4$ に対応する4番目のものを選択する。この例では、対応するコード番号 $N(a)$ は64である。

【0155】以上のように、原データ $id(q)(q) = 15$ を符号化して位置 (f, g) に記録すべきとき、判定式 $D(a) = 1$ を満足するコード番号が不足した場合、位置 (f, g) にコード番号317の符号値配列、および、位置 (f, g) に隣接する位置 $(f+1, g)$ にコード番号64の符号値配列が記録される。状態によっては、2つ連続する位置だけでなく、さらに隣接する位置に符号値配列を拡大する可能性もある。

【0156】記録データの再生(復号)方法
本発明の記録パターン復号(再生)方法について述べる。

【0157】図41はデータ再生方法の全体処理を示すフローチャートであり、図42～図44は図41に示した処理の詳細を示すフローチャートである。まず、図41を参照してデータ再生方法の処理を述べる。

【0158】ステップS161: 再生位置 (f, g) の入力
符号値配列を読みだし再生すべきデータの位置 (f, g) が入力される。

【0159】ステップS162: 隣接位置の符号値配列の参照

上述したように、位置 (f, g) の符号値配列のみでは原データは判らないから、円周方向の隣接する先行する位置 $(f-1, g)$ の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ 、および半径方向の隣接する位置 $(f, g-1)$ の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ を読み出して、これらを位置 (f, g) における原データの算出に使用する。なお、再生処理が連続して行われているときは、上記半径方向の先行位置の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ 、および半径方向の先行位置の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ はすでに得られており、再生装置のメモリなどに記憶されている場合が多いから、その都度、光

ディスク記録媒体から読み出すことなく、メモリに保存している先行する位置のデータを用いることができる。

【0160】ステップS163: 同じ符号値が12個連続するか否かのチェック

3×3マトリクス・セルの符号値配列のある列または段について、最長拘束長を判定するため、4ブロック、合計12セル、同じ符号値が連続しているか否かをチェックする。要求されている再生処理が、同じ符号値が12個連続して存在する可能性のある位置における再生のとき、ステップS164の処理に移る。同じ符号値が12個連続して存在しない場合はステップS165の処理に移行する。

【0161】ステップS164: 判定条件付加

同じ符号値が連続して12個(3×3マトリクス・セルが4ブロック)存在する可能性のある位置における再生のとき、ステップS165において行う円周方向について連続パターン禁止を示す連続条件判定式 $LF(a)$ に、パターン内連続スペースフラグ $S(n, k)$ またはパターン内連続マークフラグ $M(n, k)$ を付加できるようにする。

【0162】ステップS165: 該当する符号化パターンの検索

半径方向の隣接位置 $(f, g-1)$ の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ と、円周方向の隣接位置 $(f-1, g)$ の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ から接続可能な符号値配列に該当するコード番号 $N(a)$ を順次、検索していく。再生された符号値配列と検索された符号値配列が一致したならば、そのときの検索数 c を再生データとして出力する。

【0163】ステップS166: 最終パターンのチェック

再生された符号値配列(コード番号)が検索された最終符号値配列(最終コード番号)であるか否かをチェックし、最終ならば、ステップS167の処理に移行する。

【0164】ステップS167、S168

再生された符号値配列(データパターン)が検索された最終であるとき、ステップS167において円周方向に隣接する次の位置 $(f+1, g)$ の符号化データ $DP(f+1, g)$ の読み取り処理を行い、ステップS168においてこの再生パターンの検索を上記同様に行う。

【0165】ステップS169: 再生データの決定

再生した符号値配列(コード番号)と検索された符号値配列(コード番号)が一致したところで、そのときの検索数 c を再生データ $rd(q)$ として出力する。この再生データ $rd(q)$ は、原データ $id(q)$ に対応している。

【0166】ステップS170: 再生終了処理

以上の処理を再生終了まで反復する。

【0167】図42～図44は円周方向位置 f について最終再生位置 f_{end} までの連続した記録パターンの再生

の詳細を示すフローチャートである。図42～図44は一連の処理を示すフローチャートであるが、図解の関係で分割して図解している。図42～図44を参照して図41に示した二次元RLL復号化方法の詳細な処理を述べる。

【0168】図42、ステップS181、S182
初期設定として、位置 $(f, g) = (0, 0)$ 、列インデックス $j = 0$ にする。

【0169】ステップS183～S185
スペース(符号値0)が連続している数を示すスペース連続フラグSL(j)と、マーク(符号値1)が連続している数を示すマーク連続フラグML(k)を全ての列についてクリアする(0にセット)。

【0170】ステップS186
検索数 c を0に初期化し、円周方向位置 f も0に初期化する。

【0171】ステップS187～S189
再生パターン(再生符号値)の連続性のチェックを行う。すなわち、同じ符号値の連続して12個以上存在するか否かをチェックするため、スペース連続フラグSL(k)またはマーク連続フラグML(k)が連続して3個続いているものが3を示しているかをチェックする。SL(k)=3またはML(k)=3のときはスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が、 3×3 マトリクス・セルのある列または段について、 $3 \times (3 \sim 4 \text{ 個}) = 9 \sim 12$ 個連続しているのを、最大拘束長の観点から、検索条件に連続していないことを追加する必要がある。SL(k)=3またはML(k)=3のときは、ステップS187において、次の検索条件に連続していないことを加える連続最大フラグTLF=1にセット*30

$$\begin{aligned} D(a) = & (L(DP^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続} \\ & \& (T(DP^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続} \\ & \& (LF(a) = 0) \cdots \text{連続接続} \end{aligned}$$

【0177】連続条件判定式LF(a)は、光ディスク記録媒体へのデータ記録時と同様、次にくるコードの判定すべき段 k に連続してはいけなパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)に1が設定されていると、使用不可を示す0以外になり、そのコード番号を排除する。判定式D(a)が正しいときはコードN(a)は選択可能コードとなる。

【0178】ステップS214
ステップS213における判定によって判定式D(a)=1となるコード番号N(a)が得られると、ステップS214において再生すべき位置 (f, g) の符号化データDP(f, g)とコード番号N(a)の符号化パターンデータCP(n)とが一致しているか否かをチェックする。

【0179】ステップS215～S216
再生パターンDP(f, g)とコードN(a)のコード

*トする。SL(k)=3でもなく、ML(k)=3でもないときは、連続最長フラグTLFを0にする。これらの処理の後には、図43に図解の処理に移行する。

【0172】図43、ステップS211

選択順位 $a = 0$ 、連続条件判定式LF(a)=0にする。

【0173】ステップS212

連続条件判定式LF(a)をチェックする。連続最大フラグTLFが1の場合は図44の処理に飛ぶ。

【0174】図44、ステップS231～S237

これらの処理においては、スペース連続フラグSL(k)の値に応じて連続条件判定式LF(a)に判定条件としてパターン内連続スペースフラグS(a, k)を加え(ステップS232、S233)、同様に、マーク連続フラグML(k)の値に応じて連続条件判定式LF(a)に判定条件としてパターン内連続マークフラグM(a, k)を付け加える(ステップS234、S235)。すなわち、どの段のスペース連続フラグSL(k)またはマーク連続フラグML(k)が3を示しているかチェックし、SL(k)またはML(k)が3となっている段 k のパターン内連続スペースフラグS(a, k)およびパターン内連続マークフラグM(a, k)を、連続条件判定式LF(a)に追加する。全ての段でこの操作を終えると(ステップS237)、図43のステップS213の処理に移行する。

【0175】図43、ステップS213

式4として規定した判定式D(a)=1となる下記条件に合致しているか否かをチェックする。下記条件は、記録のときの条件と同じである。

【0176】

パターンCP(n) (N(a))とが等しくないときは、ステップS215において検索数 c が更新され、ステップS216において選択順位 a を更新し、両者のパターンが一致するまでステップS213～S216のループ処理を反復する。

【0180】ステップS217～S222

ステップS214において再生パターンDP(f, g)とコード番号N(a)のコードパターンCP(n) (N(a))とが一致していることが検出されると、ステップS217においてこのパターン(符号値配列)が検索できる最終パターンであるかチェックする。検索数 c が15の場合は最終検索でも再生データとなるので、 $c = 15$ はチェックせず、ステップS221において再生データrd(q)=15となる。検索数 c が15でない場合は最終検索であるかチェックされるため、ステップS218において選択順位 a を更新して、ステップS219において判定式D(a)-1を満足するものがあるか

否かが検索される。判定式D (a) が満足されてパターン (符号値配列) が一致したときは、ステップS 2 2 1において検索数cが再生データrd (q) として決定され、ステップS 2 2 2において検索数cをクリアし、再生データ数qを更新する。ステップS 2 1 9において、選択順位aが合計使用可能数Etotal に到達したか否かをチェックする。選択順位aが合計使用可能数Etotal に到達していないときは、ステップS 2 1 8～S 2 1 9の処理を反復する。

【0181】ステップS 2 1 9において一致した符号値配列 (データパターン) が見つからないうちに選択順位aが総使用可能コード数Etotal を越え (ステップS 2 2 0)、一致した符号値配列は最終検索となるので、2つの位置にわたる記録処理として上述したように、再生位置も指定した1つの位置だけでなく、2つの位置になる。この場合、検索数cのクリアおよび再生デ

$$PL(k) = C(3k) + C(3k+1) + C(3k+2)$$

【0185】円周方向の総和PL (k) が0であればその段は全てスペース (符号値0) であり、PL (k) が3であればその段は全てマーク (符号値1) である。よって、ステップS 1 9 1における判定でパターン内連続スペースフラグPL (k) が0のときはステップS 1 9 2においてSL (k) に1が加えられ、PL (k) が0でない時にはステップS 1 9 3においてスペース連続フラグSL (k) はクリアされる。同様に、パターン内連続マークフラグPL (k) が3のときは、ステップS 1 9 5においてマーク連続フラグML (k) に1が加えられる。PL (k) が3でない時には、ステップS 1 9 6においてML (k) はクリアされる。

【0186】ステップS 1 9 9～S 2 0 0

円周方向位置fが更新され、ステップS 2 0 0において最終再生位置f end かどうかのチェックが行われ、fがf end でなければ、ステップS 1 8 7以降の上記同様に次のパターンの一致検索に入る。円周方向位置fが最終再生位置f end であれば再生処理を終了する。

【0187】図45～図49に上述したパターン選定順位決定処理、記録パターン選択処理、および、記録パターン再生処理を行う装置の構成図を示す。

【0188】パターン選定順位決定処理装置

図45は光ディスク記録媒体に二次元的RLL符号化する前のパターン選定順位決定処理を示す装置の構成図である。パターン選定順位決定処理装置は図31および図32～図36を参照して述べたパターン選定順位決定処理を行う。パターン選定順位決定処理装置において行う処理は、通常、光ディスク記録媒体などの二次元的記録媒体に符号化データを記録する前に、事前に、全てのコード番号および全ての記録用原データid (q) = 0～15 (または符号化処理単位データq = 0～15) について行い、このパターン選定順位決定処理装置で求

*ータ数qの更新を行わないまま、図42のステップS 1 9 0における次の再生パターンの一致の検索処理に移行する。

【0182】図42、ステップS 1 9 0

図42に示した符号値配列の一致検索を終えた後、k = 0にする。

【0183】ステップS 1 9 1～S 1 9 8

再生データパターンDP (f, g) について3×3マトリクス・セルの符号値配列の各段kごとにスペース (符号値0) の連続性 (スペース連続フラグSL (k)) およびマーク (符号値1) の連続性 (マーク連続フラグML (k)) をチェックする。再生データパターンDP (f, g) の各セルを、図6 (B) に示したように規定すると、円周方向の再生パターンの総和PL (k) は次式で与えられる。

【0184】

$$PL(k) = C(3k) + C(3k+1) + C(3k+2) \dots (5)$$

めた結果を、記録パターン選択などの処理に用いる。

【0189】パターン選定順位決定処理装置は、第1の検出装置10と記憶装置20とで構成されている。検出装置10は、パターン内1T検出手段11、パターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13、パターン内連続検出手段14、パターン順位付け手段15および制御手段19を有する。検出装置10は本実施例においてはコンピュータで構成される。第1の検出装置10全体を1台のコンピュータで実現することもできるし、パターン内1T検出手段11～制御手段16のそれぞれを複数のマイクロコンピュータで処理させ、全体を結合した分散・統合システムとして構成することもできる。制御手段19は下記に述べる処理の他、パターン内1T検出手段11、パターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13、パターン内連続検出手段14およびパターン順位付け手段15の全体制御を行う。

【0190】記憶装置20には、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24が設けられている。記憶装置20にはまた既入力パターンテーブル25が設けられ得る (図46参照)。円周方向接続テーブル21には、下記パターン選定順位決定処理によって得られる円周方向接続可能フラグL (m, n) が記憶される。半径方向接続テーブル22には、下記パターン選定順位決定処理によって得られる半径方向接続可能フラグT (m, n) が記憶される。パターン内連続テーブル23には、下記パターン選定順位決定処理によって得られるパターン内連続スペースフラグS (n, j) およびパターン内連続マークフラグM (n, j) が記憶される。コード順位対応テーブル24には、入力されるコード番号nおよび下記パターン選定順位決定処理によって

得られる選択順位 a が記憶される。

【0191】記憶装置20は、たとえば、32ビットの記録用原データ $id(q)$ を、たとえば、4ビットの符号化処理単位データ q ごとに符号化処理して記憶しようとする対象の光ディスク記録媒体とは異なるコンピュータの記憶装置である。図解の例は記憶装置20が1つのメモリとして示されているが、たとえば、ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、ハードディスク装置(HDD)など、または、これらを適宜組み合わせる構成される。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24に記憶されているデータは、パターン選定順位決定処理で符号化の前に予め算出できる固定データである。したがって、パターン選定順位決定処理として、全てのコード番号および符号値配列について、最短拘束長、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ 、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、選択順位 a 、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ を事前に求めておき、ROMに記憶しておくことができる。しかしながら、その後の記録パターン選択などにおいては、これらのテーブルの内容に関連するデータを、上記データとともに記憶することがあるから、ROMから一旦読み出してRAMまたはHDDまたはフラッシュメモリなどの不揮発性半導体メモリなどに写し代えて使用することができる。

【0192】以下、図45に示したパターン選定順位決定処理装置の動作を述べる。検出装置10にコード番号 n (0~511) が入力されると、パターン内1T検出手段11は、図31のステップS1に示した最短拘束長2Tの条件を満足する符号値配列を検出して使用可能フラグ $E(n)$ を求める。その詳細は図32に示したフローチャートの処理に従って、 3×3 マトリクス・セルにおける符号値(データ)配列のうち最短拘束長1Tのデータ配列を除き、使用可能フラグ $E(n)$ を求める。パターン内1T検出手段11において得られた使用可能フラグ $E(n)$ は、パターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13およびパターン内連続検出手段14に印加される。入力されたコード番号 n もパターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13およびパターン内連続検出手段14に印加される。入力されたコード番号 n は制御手段16によって記憶装置20のコード順位対応テーブル24に記憶される。

【0193】パターン間円周方向接続検出手段12は、図31のステップS2の処理、すなわち、詳細は図23に図解した処理に基づいて、使用可能フラグ $E(n) = 1$ であるコード番号の符号値配列同士について、すなわち、最短拘束長2Tを満足する符号値配列同士について、光ディスク記録媒体の円周方向に接続可能なものを

検出して円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ を算出し、算出した $L(m, n)$ を円周方向接続テーブル21に記憶する。

【0194】パターン間半径方向接続検出手段13は、図31のステップS3の処理、すなわち、詳細を図34に図解した処理に基づいて、光ディスク記録媒体の半径(トラック)方向において接続可能なものを検出し、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を算出して、半径方向接続テーブル22に記憶する。

【0195】パターン内連続検出手段14は、図31のステップS4の処理、すなわち、詳細を図35に図解した処理に従って、 3×3 マトリクス・セル内の符号値配列について円周方向において同じ符号値が連続する部分を検出し、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ を求めて、これら $S(n, j)$ と $M(n, j)$ をパターン内連続テーブル23に記憶する。これら $S(n, j)$ と $M(n, j)$ は、最長拘束長の判定に使用する。

【0196】パターン順位付け手段15は、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ がパターン順位付け手段15を入力し、図31のステップS5の処理、すなわち、詳細を図36に図解した方法に基づいて、 $L(m, n)$ と $T(m, n)$ から総接続可能フラグ $X(n)$ を計算し、さらに仮総接続可能フラグ $X'(n)$ を計算し、選択順位 a を計算する。得られた選択順位 a はコード順位対応テーブル24に保管される。

【0197】上述したパターン選定順位決定処理装置で得られた種々の情報は、図27(A)~(C)~図30(A)~(C)に例示した情報として、後に詳述する記録パターン選択装置および記録パターン再生装置で利用される。上述したパターン選定順位決定処理を利用可能な全てのコード番号 n について行い、得られた円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ 、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ 、選択順位 a 、コード $N(a)$ を、一例を図27(A)~(C)~図30(A)~(C)に例示した情報として記憶装置20の対応するメモリ領域に記憶しておく。上記パターン選定順位決定処理装置によって得られた、 $L(m, n)$ 、 $T(m, n)$ 、 $S(n, j)$ および $M(n, j)$ 、選択順位 a 、コード番号 $N(a)$ を、下記に述べる記録パターン選択および記録パターン再生に用いる。

【0198】記録パターン選択装置

図46および図47は記録パターン選択装置の構成図である。記録パターン選択装置は、図37および図38~図40に図解したフローチャートの処理を行う。図46に図解した記録パターン選択装置は、検出装置30と、記憶装置20とを有する。記憶装置20は図45に図解

したものと同じである。ただし、図46の記録パターン選択装置においては、記憶装置20に既入力パターンテーブル25が設けられている。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24に記憶されている情報は、パターン選定順位決定処理で事前に決定した固定の値であるから、これらのデータはROMに記憶しておくことができる。しかしながら、既入力パターンテーブル25の内容は、符号化の対象である記録用原データ $id(q)$ に応じて変化するから、たとえば、RAM等を用いることになる。その場合、記憶装置20と図解してはいるが、実際の記憶手段はテーブルの内容に応じて、ROMであったり、RAMであったりと、異なることがある。もちろん、記憶装置20をHDDまたはフラッシュメモリなどの不揮発性半導体メモリで構成した場合は全てのテーブルがHDDまたはフラッシュメモリに収容できる。

【0199】検出装置30は、データ記録位置保持手段31、接続可能パターン検出手段32、コードパターン変換手段33、スイッチング手段34、パターン間連続検出手段35および制御手段39を有しており、図28および図29～図31に図解したフローチャートの処理を行う。検出装置30は本実施例ではコンピュータで実現されている。

【0200】以下、検出装置30の動作を中心に述べる。光ディスク記録媒体に記録すべき符号化対象の原データ $id(q)$ (符号化処理単位データ $q=0\sim 15$ の範囲) および記憶位置 (f, g) がデータ記録位置保持手段31に入力されると(図36、ステップS101)、データ記録位置保持手段31は記憶位置 (f, g) を記憶装置20の既入力パターンテーブル25に記憶する。制御手段39は、その前に処理した位置 (f, g) と円周方向に隣接し先行する位置 $(f-1, g)$ のデータパターン $DP^{-1}(f-1, g)$ および半径方向に隣接し先行する位置 $(f, g-1)$ のデータパターン $DP^{-1}(f, g-1)$ を既入力パターンテーブル25から読み出して、円周方向接続テーブル21および半径方向接続テーブル22に格納する。制御手段39は、円周方向接続テーブル21から円周方向接続可能フラグ $L(DP^{-1}(f-1, g), n)$ と、半径方向接続テーブル22から半径方向接続可能フラグ $T(DP^{-1}(f, g-1), n)$ を読み出して接続可能パターン検出手段32に転送する。制御手段39はさらにコード順位対応テーブル24から選択順位 a にコード $N(a)$ を読み出して接続可能パターン検出手段32に転送する。

【0201】接続可能パターン検出手段32は、図28のステップS102の処理、すなわち、詳細を図29～図31に示す処理に従い、円周方向に隣接し先行する位置の円周方向接続可能フラグ $L(DP^{-1}(f-1, g), n)$ 、半径方向に隣接し先行する位置の半径方向接

続可能フラグ $T(DP^{-1}(f, g-1), n)$ および選択順にコード $N(a)$ から記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ を選択する。接続可能パターン検出手段32は、選択した記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ を記憶位置 (f, g) と共に既入力パターンテーブル25に記憶し、データパターン $DP^{-1}(f, g)$ をさらにコードパターン変換手段33とパターン間連続検出手段35に印加する。

【0202】パターン間連続検出手段35は、図37のステップS103～S105の処理、すなわち、図38～図40に示す処理に従い、スペース(符号値0)が 3×3 マトリクス・セルの符号値配列のある列または段において3データブロック分、すなわち、 3×3 セル=9セル連続しているか、または、マーク(符号値1)が 3×3 セル=9セル連続しているかという連続性のチェックをして(図37、ステップS103)、スペースまたはマークが3ブロック分連続しているときは、スイッチング手段34を図示実線の位置から破線の位置に切替えてパターン内連続テーブル23からパターン内連続スペースフラグ $S(N(a), j)$ またはパターン内連続マークフラグ $M(N(a), j)$ が接続可能パターン検出手段32に入力されるようにする(図37、ステップS104)。 $S(n, j)$ および $M(n, j)$ は、図45に示したパターン選定順位決定処理装置で算出され、パターン内連続テーブル23に記憶されている。 $S(N(a), j)$ または $M(N(a), j)$ は接続可能パターン検出手段32において、スペースまたはマークの連続検出に使用される。

【0203】接続可能パターン検出手段32で検出された記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ はコードパターン変換手段33に印加されて、コードパターン変換手段33において記録データパターン $DP(f, g)$ に変換されて出力される。

【0204】位置 (f, g) の記録データパターン $DP(f, g)$ が、記録用データ $id(q)$ の符号化処理単位データ q に対応する2次元の RLL 符号化データであり、図示しない記録処理手段によって、光ディスク記録媒体の位置 (f, g) に記録データパターン $DP(f, g)$ が記憶される。図示しない記録処理手段は、変調回路、増幅回路などを含み、最終的には、これら信号処理された信号が光ヘッドを介して光ディスク記録媒体に記録される。

【0205】記録パターン選択装置(変形例)

図47は記録パターン選択装置の構成図である。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24をROMで実現し、既入力パターンテーブル25をRAMで実現すると2種のメモリを用いることになり、不経済になる。図47に示した記録パターン選択装置は、RAMが必要な既入力パターンテー

ブル25を削除し、既入力パターンテーブル25に関連してデータ記録位置保持手段31を削除し、これらに代えて、検出装置30Aに第2のパターンコード変換手段36を付加し、新たに遅延装置40を付加したものである。図47の記録パターン選択装置の全体的な処理は図46に図示した記録パターン選択装置と実質的に同じである。しかしながら、図47の検出装置30Aには図45に示したデータ記録位置保持手段31がなく、記憶装置20に既入力パターンテーブル25を設けていないので、これらに代わる処理として次のごとく行う。

【0206】光ディスク記録媒体の半径方向に隣接し、先行する位置 $(f, g-1)$ の再生データパターン $DP^{-1}(f, g-1)$ が検出装置30Aに入力されて第2のパターンコード変換手段36において半径方向の隣接位置のデータパターン $DP^{-1}(f, g-1)$ に変換され、記憶装置20の半径方向の接続テーブル22に記憶される。接続可能パターン検出手段32において記録用原データ $id(q)$ に基づいて検出した位置 (f, g) のデータパターン $DP^{-1}(f, g)$ は遅延装置40で所定時間遅延されて、次の記録用原データ $id(q)$ （符号化処理単位データ q ）が入力された時に半径方向の隣接かつ先行位置のデータパターン $DP^{-1}(f-1, g)$ として半径方向接続テーブル22に格納される。その他の部分と動作は図46を参照して述べたものと同様である。

【0207】記録パターン再生装置

図48は記録パターン再生装置の構成図である。図48の記録パターン再生装置は検出装置60および記憶装置20を備えている。この記録パターン再生装置は図41および図42～図44に図解した処理を行う。図41は記録パターン再生の全体処理を示し、図42～図44はその詳細な処理を示す図である。記憶装置20に既入力パターンテーブル25が設けられ、検出装置60にデータ再生位置保持手段61が設けられている。検出装置60は、データ再生位置保持手段61、接続可能パターン検出手段62、パターンコード変換手段63、スイッチング手段64、パターン間連続検出手段65および制御手段69を有している。記憶装置20は、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24および既入力パターンテーブル25を有している。記憶装置20は、好適実施例として、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24をROMで実現し、既入力パターンテーブル25をRAMで実現した。ROMに収容されている円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24の内容は、上述したパターン選定順位決定処理装置で得られたものである。なお、ROMとRAMの2種のメモリを用いず、1台のHDDまたはフラッシュメモリでこれらのテーブルの内

容を収容することもできる。本実施例において、検出装置60はコンピュータで実現されている。以下、記録パターン再生装置の動作を述べる。

【0208】パターンコード変換手段63に再生位置 (f, g) が入力されると、パターンコード変換手段63は、図41のステップS161に示したように、再生位置 (f, g) をデータパターンコード $DP^{-1}(f, g)$ に変換し、変換した $DP^{-1}(f, g)$ をデータ再生位置保持手段61、接続可能パターン検出手段62、パターン間連続検出手段65に印加し、既入力パターンテーブル25に記憶する。

【0209】データ再生位置保持手段61は、図41のステップS162に示したように、記録パターンコード $DP^{-1}(f, g)$ から記録位置の更新を行い、記録位置 (f, g) と記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ とを既入力パターンテーブル25に記憶し、さらに、データパターン $DP^{-1}(f, g)$ をパターン内連続テーブル23に記憶する。

【0210】制御手段69は、既入力パターンテーブル25に記憶された記録位置 (f, g) をもとに、既入力パターンテーブル25から円周方向に隣接し先行する位置のデータパターンコード $DP^{-1}(f-1, g)$ と半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコード $DP^{-1}(f, g-1)$ とを読みだして、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22に記憶する。

【0211】パターン間連続検出手段65は、パターンコード変換手段63から出力された記録データパターンコード $DP^{-1}(f, g)$ を入力し、図32のステップS163に示したように、スペース（符号値0）およびマーク（符号値1）の連続性をチェックする。スペースまたはマークが 3×3 マトリクス・セル、3ブロック連続して続いていた場合は、パターン間連続検出手段65はさらにスイッチング手段64を破線の位置にスイッチを切替え、図41のステップS164に示したように、パターン内連続テーブル23からパターン内連続スペースフラグ $S(P^{-1}(f, g), j)$ またはパターン内連続マークフラグ $M(P^{-1}(f, g), j)$ が接続可能パターン検出手段62に送出されて検索条件に加えられるようにする。

【0212】接続可能パターン検出手段62は、図41のステップS165～S169に示したように、円周方向接続テーブル21から円周方向接続可能フラグ $L(P^{-1}(f-1, g), n)$ 、半径方向接続テーブル22から半径方向接続可能フラグ $T(P^{-1}(f, g-1), n)$ 、コード順位対応テーブル24から選択順にコード $N(a)$ を読みだし、これら読み出した情報から記録パターンコード $P^{-1}(f, g)$ と一致するコード番号 $N(a)$ が、何番目に検索されるかを見て出力データ $rd(q)$ を再生して出力する。

【0213】以上により、図41に図解した再生処理と

同等の処理が図39に図解した記録パターン再生装置において行われる。

【0214】記録パターン再生装置（変形例）

図49は記録パターン再生装置の第2実施例の構成図である。図49に図解した記録パターン再生装置は、図48に図解した記録パターン再生装置と同様、図41および図42～図44に図解した処理を行うが、図40の記憶装置20には既入力パターンテーブル25が削除され、これに関連して検出装置60Aにはデータ再生位置保持手段61が削除され、これらに代わって、遅延装置70が付加され、検出装置60A内のパターンコード変換手段63が変形されている。円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、および、コード順位対応テーブル24は固定データのため、記憶装置としてROMなどを用いるが、既入力パターンテーブル25は、入力データである再生パターンによってその内容が変化するのでデータを書き込み可能なRAM等を用いる。

【0215】検出装置60Aは、接続可能パターン検出手段62、パターンコード変換手段63A、スイッチング手段64、パターン間連続検出手段65および制御手段69を備えている。図49の記録パターン再生装置は図47に図解した記録パターン選択装置と同様、データ再生位置保持手段61と既入力パターンテーブル25を持たないため、下記の処理を行う。

【0216】先行する半径方向の隣接位置の再生データパターン $DP(f, g-1)$ と位置 (f, g) の再生データパターン $DP(f, g)$ が同時にパターンコード変換手段63Aに入力され、パターンコード変換手段63Aにおいて、半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコード $DP^{-1}(f, g-1)$ と、再生データパターンコード $DP^{-1}(f, g)$ に変換される。パターンコード変換手段63Aは半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコード $DP^{-1}(f, g-1)$ を半径方向接続テーブル22に記憶し、記録データパターンコード $DP^{-1}(f, g)$ をパターン内連続テーブル23に記憶し、さらに遅延装置70に印加する。遅延装置70に印加された記録データパターンコード $DP^{-1}(f, g)$ は所定時間遅延された後、パターンコード変換手段63Aへの次の入力データの時に円周方向に隣接し先行する位置のデータパターンコード $DP^{-1}(f-1, g)$ として円周方向接続テーブル21に記憶される。図47の記録パターン再生装置のその他の処理は図48に示した記録パターン再生装置の動作と同様であるから、その動作説明を省略する。

【0217】パーシャルレスポンス

光ディスク記録媒体の半径方向のデータ再生処理にパーシャルレスポンス(PR)を適応する場合、PRのクラスにより読み取り位置が異なる。たとえば、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)などの等化を行う

場合は、図50の位置Bに示すように、再生スポットはビット間に位置するように配置される。クラス2のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)などの等化を行う場合は、図50の位置Aに示すように、再生スポットはビット上に位置するように配置される。

【0218】複数のスポットをもちいて同時に再生を行うマルチ再生処理の例を図51～図53に示す。図51は3スポットを用いて一度にクラス2のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)の信号を取り込む例を示す図である。図51において、3スポットを先行スポット、中央スポットおよび後行スポットと呼び、それぞれの再生スポットは、円周方向には所定のスポット間隔だけ隔てられ、半径方向には、中央スポットを基準にして、先行スポットが1ビットだけ外側に位置し、後行スポットは内側に位置している。

【0219】図52は3スポットを用いてクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の信号を読み取る例を示す図である。図52においても、図51と同様、3スポットを先行スポット、中央スポットおよび後行スポットと呼ぶ。それぞれの再生スポットは半径方向にそれぞれビット間に位置し、中央スポットを基準にして、先行スポットが1ビットだけ外側に位置し、後行スポットは内側に位置している。3つのスポットは円周方向には所定のスポット間隔だけ隔てられている。ただし、図43に示したPR(1, 1)においては、信号の読み取りには先行スポットと後行スポットのみを用いる。記録再生装置においてこの方法を用いると、信号再生時には上述した方法を用いてパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化に用い、信号記録時には中央スポットをビット上に位置するように位置制御して中央スポットで書き込みを行うことができるという利点がある。すなわち、この例によれば、3スポットを提供する1つの光ヘッドを用いて、記録データの書き込みと、読みだしとを同時に行うことができるという利点がある。

【0220】図53は4スポットを用いて同時に4個のデータを読み取る例を示す図である。この例は先行スポット1と後行スポット1とが対応して第1組を構成し、先行スポット2と後行スポット2とが対応して第2組を構成している。第1組の先行スポット1と後行スポット1とは、図51に示した3スポットのうち中央のスポットを除いたものと実質的に同じであり、信号再生時にはクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を用いる。同様に、第2組の先行スポット2と後行スポット2とは、図51に示した3スポットのうち中央のスポットを除いたものと実質的に同じであり、信号再生時にはクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化に用いる。これら第1組と第2組とは独立しているから、これらを用いると、同時に、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を2つ同時に行うことができる。

【0221】4スポットの提供方法としては、第1組の先行スポット1と後行スポット1とを第1の光ヘッドから提供し、第2組の先行スポット2と後行スポット2とを第2の光ヘッドから提供するという2つの光ヘッドを用いる方法、または、4スポットを独立した4個の光ヘッドから提供する方法のいずれでもよい。以上、各種のスポット配置例を示したが、本実施例によれば、上記のように、半径方向についても、記録密度を高めることができる。すなわち、本実施例においては、記録用原データ $i d(q)$ を符号化しある符号値配列にした場合、二次元RLIの条件を満足した符号化処理を行い、NRZ変換またはNRZI変換などの変換を行っても矛盾がないように処理されているから、二次元方向に同時に読み出ししても再生可能にしている。上述した3×3マトリクス・セルの符号値配列を用いる方法では、3×3マトリクス・セルのどの位置が中心位置になるかという重要な情報となる。

【0222】しかしながら、本実施例のように半径方向に記録密度を高めると、波形等化などを適用しない半径方向の位置制御に用いるトラッキングエラー信号が十分得られなくなる可能性がある。そこで、本実施例においては、半径方向の位置制御用にトラッキングエラー信号を得るサンプルエリアを設ける。サンプルエリアを設けてトラッキングエラー信号、データ記録および再生用クロックを得る方法自体は知られているが、従来の各トラック毎にサンプル信号を組み込む方法によれば、半径方向に密度が高くなりすぎ、半径方向位置制御が不可能になるという不具合が起こる。しかし、本実施例においては、下記に詳述するように、そのような問題は発生しない。

【0223】図51～図53に示したスポット相互の位置関係は、記録および再生を行う装置（記録・再生装置）における位置調整により決まる。その位置調整方法は、通常の光ディスク記録・再生装置と同じなので省略する。

【0224】以下、各スポットをビット上あるいはビット間に位置するように制御するためのサンプルエリアのビット配置例を図45～図47に示し、これらの波形図を図57～図59に示す。

【0225】図54は各スポットをビット上あるいはビット間に位置するように制御するためのサンプルエリアの第1のビット配置例を示す図である。図54において、位置Aには、3×3マトリクス・セルの中心位置のセルに対応するビットの位置するところにビットが形成されている。位置Bには、3×3マトリクス・セルの半径方向（段方向）における光ディスク記録媒体の内周側のビットの位置するところにビットが形成されている。位置Cには、3×3マトリクス・セルの半径方向における光ディスク記録媒体の外周側のビットの位置するところにビットが形成されている。

【0226】図57は、図54に図解したその状態で、3×3マトリクス・セルの中心位置のビットの位置上を光ビームスポットが通過した時と、その位置から半径方向にずれた時のそれぞれの場合のスポットの再生信号を示す波形図である。図57において、ビット上（オントラック）の場合は、位置Aで、しきい値を越える信号を得ると共に、位置Bの再生信号レベルと位置Cの再生信号レベルは位置Aの再生信号レベルよりは低いが、両者の信号レベルは等しい。これに対し、ビット上から半径方向（トラック方向）にずれた（オフトラック）場合は、位置Bの再生信号レベルと位置Cの再生信号レベルとが異なった値を示す。従って、スポットをビット上に制御するためには、位置Bの再生信号と位置Cの再生信号が等しくなるように制御する。この例では、位置A、B、Cそれぞれで、中央、内周、外周の順にビットを配置したが、当然ながら、この順番、位置関係は任意に入れ替えることができる。なお、再生信号は図示していないが、再生スポットは、位置Bのビットと、位置Cのビットの中間で、ビット間に位置する場合は、位置B、位置Cの再生信号は等しくなるが、位置Aでの再生信号がしきい値以下の値になってしまうため、判別が可能である。なお位置Aにおける再生信号レベルがしきい値以下になることを利用して、ビット間にスポットを配することも可能となる。

【0227】図55は、図54の例とは異なり、位置Aでは、3×3マトリクス・セルの中心位置のビットの位置するところ以外に、ビットが形成されており、位置Bおよび位置Cでは、図54と同様の場所に、ビットが形成されていることを示す第2のビット配置例を示す図である。図58は、図55におけるビット上とビット間それぞれでの再生信号を示す図である。この例の制御方法は、図57と同様に、位置Bと位置Cの再生信号を同じにするようにし、位置Aでの再生信号がしきい値以上か以下かで判別する。

【0228】図56は、図55において位置Bと位置Cでのビット配置が異なっている場合の例を示した図である。図59は、図56におけるビット配置の再生信号の波形図である。この例の制御方法は、図57～図58と同様、どこに位置するスポット（例：先行、中央など）を各方法で位置制御するかにより、再生及び記録、それぞれに一番最適なスポット配置を実現する。

【0229】光ディスク記録媒体などの記録再生機においては、記録時と再生時で最適なスポット配置が異なる場合も起こりうる。サンプルエリアおよびアドレス信号が記憶されるアドレス記憶部が光ディスク記録媒体上に等間隔で割り振られている。これらの領域の間に、上述した記録用原データ $i d(q)$ を符号化したデータパターンが記録される。本発明の実施例の光ディスク記録媒体上に配した例を図60に示す。図60において、光ディスク記録媒体は円周に沿って32区分に分割されてお

り、区分のそれぞれの先頭部の塗り潰した部分が、サンプルエリアおよびアドレス記憶部である。塗り潰した部分の間に上述した方法によって二次元RLL符号化されたデータが記憶されるデータ記憶部が続く。データ記憶部は、二次元的記録媒体が、ROMディスクの場合はビット列となり、記録ディスクの場合は、記録エリアとしてビットがないエリアとなる。

【0230】サンプルエリアおよびアドレス記憶部の情報の記録密度は、上述した二次元符号値配列情報が記憶されるデータ部の記録密度より低くしてある。その理由は、波形等化などの処理をせずに正確にアドレス記憶部の位置情報を読み取り可能にするため、および、アドレス記憶部にはデータ記録部ほど情報を記録しないので、データ記録部ほどには記録密度を高める必要がないから*

$$\sin \theta = 1 / (w + 1)$$

【0233】この関係式が成り立つとき、A～Hのどの列の信号を用いるかを定めることにより並列に良好な信号の再生を行うことができる。この再生方法を用いると、高精度な位置決めをしなくても、良好な再生信号を得ることができる。列選択用にサンプルエリアと同じ役目をする選択エリアを設ける。

【0234】図62は選択エリアの例を示す図である。選択用ビットは、3×3マトリクス・セルの中心位置のビットの位置する部分に配される。

【0235】図63は、図62におけるビット配置のときの再生信号を表す図である。列の選択方法としては、再生信号の中で最大値を示す列を選択することにより、検出窓がビット上に位置するものを選択することになる。また、ビット間に位置する列を選択する場合は、最大値を示す列から $w/2$ だけずれた位置を選択すればよい。

【0236】上述した例は、メモ리카ード媒体など直線再生を行う記録媒体にも好適である。

【0237】図64は本発明の二次元的記録媒体としてメモ리카ード媒体の例を示す図である。メモ리카ード記録媒体は二次元的な光メモリを備えた光カードであり、本発明の対象となる二次元記録媒体であり、上述した実施例の二次元RLL符号化によるデータを記憶できる。さらに、そのメモ리카ード記録媒体から上記した二次元RLLに基づいた復号化によるデータの再生は上記同様に行うことができる。図64に図解したメモ리카ード記録媒体においても、図60に図解したように区分されている。この例では32の選択エリアを有する。選択エリアにはアドレスなどの位置情報を記録する。

【0238】図70は光カード100の概念図である。挿入された光カード105は位置センサー102によって検出され、検出信号はシステムコントロール101に送られる。システムコントロール101はモータドライバ110に制御信号を送り、ローディングモータ10

*である。

【0231】図61および図62は本発明の他の実施例として、CCDなどで並列読み出しを行う場合のビット位置の例を示す図である。本実施例においては、A～Hまでの8列の検出窓（CCDなどでは、それぞれのCCD素子の1つ1つに対応する）を持ち、全体で8×mの検出窓が用意されている。また検出窓は、データ再生のための光ヘッドの走査方向に対し、ある角度をもって配置されている。走査方向に位置する(8+1=)9個の検出窓で、ちょうど1ビット列分横方向にずれるように角度が決められる。正方形の検出窓の場合、走査方向の検出窓の数をw（図61ではw=8）の時、走査方向と検出窓の角度 θ との関係は、次式で与えられる。

【0232】

... (6)

6、ローディングモータ107を基準クロック発生部111からの基準クロックに同期させて回転させ、光カード105を機器内に引き込むと同時に、信号検出用CCD108によって信号を、同じく基準クロック発生部111に従い、検出し信号処理部109に送る、信号処理部109では、信号のピーク値を検出し、位置情報を得るとともに、前述の光ディスクシステムと同様な方法によって信号抜きだしを行う。信号処理部109で抜き出された信号は、インターフェース112を通して出力される。位置センサー103及び位置センサー104が共に光カードを検出すると、システムコントロール101はモータドライバ110に制御信号を送り、ローディングモータ106、ローディングモータ107を逆回転させ、光カード105を装置外に掃き出す。

【0239】図65～図66に記録機のブロック構成図である。図65は、光ディスク記録媒体をリードオンリーメモリ（ROM）ディスク記録媒体220として使用する場合に好適な装置例を示す図である。図65に示したデータ記録装置100は、図46および図47に示した記録パターン選択装置を応用して、たとえば、1ワードが32ビットの記録用原データ $id(q)$ を、たとえば、4ビットの符号化処理単位データ q に区分して二次元RLL符号化処理し、その処理を8回反復処理してガラス原盤210に記録する。ただし、以下の記述においては、記録用原データ $id(q)$ と符号化処理単位データ q とを区別しないで二次元RLL符号化処理すると記述する。データ記録装置100は、インターフェース102、パターン選択器104、半導体メモリ106、HDD108、システムコントローラ110、スイッチング回路112、サンプル部データ114、光変調器用ドライバ116、光変調器118および対物レンズ124を有する。半導体メモリ106には、図45～図47を参照して述べたパターン選定順位決定処理装置およびパターン選定順位決定処理装置によって算出し、図45～

図47に示した記憶装置20の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24、既入力パターンテーブル25などに記憶させた、円周方向接続可能フラグL(m, n)などの情報が記憶されている。サンプル部データ114は、図60を参照して述べたサンプルエリアに記録するトラッキング制御に使用するサンプルデータを記憶している。パターン選択器104は、図46および図47(以下、図46について述べる)を参照して述べた記録パターン選択装置に該当する処理を行う。

【0240】システムコントローラ110は、初期状態として、スイッチング回路112を図示実線の位置に付勢しておく。システムコントローラ110は下記の処理の全体制御を行う。スイッチング回路112の図示位置は、図46および図47におけるスイッチング手段34の位置に該当している。2進数、32ビットの記録用原データid(q)がインターフェース102に入力されると、インターフェース102は、記録用原データid(q)を4ビットごとの部分データに区分して符号化処理単位データqを発生する。

【0241】符号化処理単位データqはパターン選択器104に印加されて、図46に図解した記録パターン選択装置に準じた処理が行われる。パターン選択器104は、図46を参照して述べた記録パターン選択装置と同様、半導体メモリ106に記憶されている各種テーブルの情報を参照して、符号化処理単位データqに対応する二次元RL符号値配列(コード番号)を選択して、ハードディスクドライブ装置(HDD)108に記録する。HDD108に記憶された二次元RL符号値配列情報が、スイッチング回路112を経由して光変調器用ドライバ116に印加されて光変調器118においてレーザ光120を透過、遮断などの変調に使用する。E/O又はA/Oなどの光変調器118で変調されたレーザ光122は対物レンズ124を経由してガラス原盤210の上を走査してガラス原盤210のフォトレジストを露光する。

【0242】32ビットの記録用原データid(q)を4ビットごと抽出した符号化処理単位データqについて8回、上記処理を行う。その処理を連続して入力されてくる複数の記録用原データid(q)について行くと、システムコントローラ110は、スイッチング回路112を図示破線の位置に駆動して、サンプル部データ114を光変調器用ドライバ116に接続し、サンプル部データ114からのサンプルデータをスイッチング回路112および光変調器用ドライバ116を経由して光変調器118に印加してレーザ光120を変調してガラス原盤210上のフォトレジストを露光させる。その後、公知技術によってガラス原盤210から最終的なROMディスクを製造する。

【0243】以上の処理は連続して入力された複数の全

ての記録用原データid(q)に対してその符号値配列を選択して一括してガラス原盤210に光学的に記憶させた後、サンプル部データ114のサンプルデータを一括して記憶する例を示したが、1個の記録用原データid(q)について二次元RL符号化による符号値配列を選択後、スイッチング回路112を切り換えてサンプル部データ114からのサンプルデータの記録を、HDD108からの符号値配列情報の記憶の直後に行ってもよい。

【0244】図66は記録・再生機などに好適に使用される装置の構成図である。この記録・再生機は、データ記録装置100Aと、データ再生装置300とを有する。この記録・再生機における記録媒体は、図65に示したROMディスク220ではなく、記憶・再生可能な通常の光ディスク記録媒体である。

【0245】データ記録装置100Aを先に述べる。データ記録装置100Aは、図65に図解したデータ記録装置100に類似しているが、本実施例の記録媒体は書き込み・読みだし可能な通常の光ディスク記録媒体200なので、図65における半導体メモリ106を半導体ROM132で構成し、HDD108を半導体RAM134で構成し、サンプル部データ114およびスイッチング回路112を削除した構成をしている。半導体ROM132には、図46および図47における記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24に該当するテーブルの情報が記憶されている。半導体RAM134には、記憶装置20内の既入力パターンテーブル25に相当する情報およびパターン選択器104において半導体ROM132から選択してデータパターンが記憶される。インターフェース102に印加された記録用原データid(q)は符号化処理単位データqに変換されてパターン選択器104に印加される。パターン選択器104において図46および図47に示した記録パターン選択処理が行われる。その結果は半導体RAM134に一旦保持され、半導体RAM134を介して選択された符号値配列情報が光変調器用ドライバ116を経由して、図65の光変調器118および対物レンズ124に相当するものを内蔵している光ピックアップ302を介して光ディスク記録媒体200に記録される。光ディスク記録媒体200はスピンドルモータ230によって回転される。図65におけるシステムコントローラ110に対応する処理は、システムコントローラ320が行う。

【0246】記録用原データid(q)はインターフェース102において符号化処理単位データqに分割されて、分割された符号化処理単位データqはパターン選択器104に入る。パターン選択器104は半導体ROM132上の各種テーブルデータを参照して、二次元RLに基づいて、光ディスク記録媒体200に記録すべき

符号値配列を決定していく。各種テーブルデータを保持する半導体ROM132は、常に同じ値の各種情報、たとえば、円周方向接続可能フラグL(m, n)を保持している。ROMやフラッシュメモリなどが好適である。パターン選択器104において選択されたデータパターンは一旦半導体RAM134に保持される。パターン選択器104からのデータは記録用原データid

(q)により変化するので、ROMではなく、書換え可能なメモリ、たとえば、RAMである必要がある。一旦半導体RAM134に蓄えられた符号値配列情報は光ディスク記録媒体200からの再生信号を元に、タイミングコントローラ回路312によって作られた書き込みタイミング信号により、順次、光変調器用ドライバ116に送られ、光ピックアップ302に搭載されている半導体レーザー（図示せず）の射出光を変調し、光ディスク記録媒体200の所定の位置にパターン選択器104において選択された符号値配列情報を記録する。

【0247】本実施例においては、半導体RAM134に記憶された選択符号値配列情報の読み出し方法を変えることにより、図50～図60を参照して述べた各種の方法に対応した、1ビーム書き込みにも、マルチビーム書き込みにも対応できる。

【0248】データ再生装置300は、データ記録装置100Aによって光ディスク記録媒体200に記録されたデータの読みだしを行う。データ再生装置300は、ヘッドアンプ304、位相同期回路（PLL回路）306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314、ドライブ回路316、および、システムコントローラ320を有する。システムコントローラ320は、データ記録装置100Aにおけるシステムコントローラ110に相当する処理を行う他、データ再生装置300の制御処理を行う。データ再生装置300の制御処理とは、図48および図49を参照して述べた、記録パターン再生装置における再生処理に相当する処理である。

【0249】スピンドルモータ230によって回転させられている光ディスク記録媒体200から信号を読み出す光ピックアップ302からの再生信号はヘッドアンプ304を通り、PLL回路306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310に入力される。PLL回路306は、図60に図解したように、光ディスク記録媒体200のサンプルエリアの信号を元に記録・再生用のクロックを再生する。アドレス抜き出し回路308は、PLL回路306からのクロックと、ヘッドアンプ304からの再生信号を元にアドレス復調を行う。タイミングコントローラ回路312は、ヘッドアンプ304において再生されたアドレス信号とPLL回路306において発生された記録・再生用クロックを用いて、サンプリング用などの各種タイミング信号を発生さ

せる。システムコントローラ320は、アドレス抜き出し回路308からのアドレス信号を元に各種制御を発生し、パターン選択器104、半導体RAM134、光変調器用ドライバ116、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314などの動作を制御する。誤差信号ホールド回路310は、タイミングコントローラ回路312からのタイミング信号を元にして、ヘッドアンプ304からの出力されたトラッキングエラー信号をホールドする。誤差信号ホールド回路310でホールドされたトラッキングエラー信号は、サーボ回路314およびドライブ回路316を介して光ピックアップ302の駆動制御に用いられ、光ディスク記録媒体200上のスポット位置を制御する。

【0250】以上のごとく、図66に示した記録装置によれば、記録用原データid(q)（符号化処理単位データq）に該当する符号値配列情報が二次元RL符号処理によって選択され、その選択符号値配列で光ディスク記録媒体200の所定の位置に正確に記録できる。

【0251】図67～図69は再生機の構成図である。図67は1ビームのみによる再生時の再生機の構成図である。再生機は、光ピックアップ302、ヘッドアンプ304、PLL回路306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314、ドライブ回路316、システムコントローラ320、光変調器用ドライバ116を有する。これらアドレス抜き出し部や、サーボシステム部は上述したものと同様なので、説明は省略する。再生機はさらに、A/D変換器332、半導体メモリ(RAM)334、波形等化器336、半導体メモリ342、デコーダ344、半導体メモリ(RAM)346、インターフェース348を有する。

【0252】以下、再生動作を述べる。ヘッドアンプ304からのディスク再生信号はPLL回路306からのクロック信号に同期して、A/D変換器332によりデジタルデータに変換され、半導体メモリ(RAM)334に一旦保持される。この半導体メモリ334上に、同一周方向位置で、所定の複数トラックの信号が揃うと、光ディスク記録媒体200の複数トラックにわたる信号が波形等化器336に印加される。波形等化器336は、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)またはクラス2のパーシャルレスポンス(1, 2, 1)などの波形等化処理を行い、記録用原データid(q)と同じフォーマットの2進数(2値)データとして半導体メモリ342に保持する。なお、PR(1, 1)の波形等化時には、図41の位置Bに示したように、再生スポットはビット間に位置する。PR(1, 2, 1)の等化時には、図50の位置Aに示したように、再生スポットはビット上に位置する。波形等化を終えた信号が半導体メモリ342に記憶され、半導体メモリ342に所定量の波形等化信号が蓄積すると、デコーダ344に送られ

る。デコーダ344は、図66の半導体ROM132に相当する各種2次元RLLに関連する情報が記憶されている半導体メモリ(ROM)346上のテーブルデータをもとに、半導体メモリ342から出力する。復号結果はインターフェース348を介して、記録用原データid(q)に対応するフォーマットで出力される。半導体メモリ(ROM)346は、図66の半導体ROM132と同等のものを用いることができる。

【0253】図68は、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1,1)などの波形等化時に好適な2ビーム同時にデータ再生を行うデータ再生装置の構成図である。図68のデータ再生装置のうち、図67に示したデータ再生装置に対する変更部分を中心に説明する。本実施例のデータ再生装置は、3個の先行スポット、中央スポット、後行スポットを提供する光ピックアップ302A、3個の独立したヘッドアンプ303、304、305、2個の独立した遅延回路352、354、2個の独立したA/D変換器356、358、クラス1のパーシャルレスポンスを行う波形等化器336Aを有している。本実施例の再生に用いられる2つのスポットは、図50および図51に示したように、それぞれピット間に位置するように、光ピックアップ302Aにおいてサーボ回路314の信号によって制御されるとともに、他の1つのビームがピット上に配されアドレス等の再生に用いられる。よって、本実施例のスポット配置としては図51に示す方式が好適である。3個の独立したヘッドアンプ303、304、305には、先行スポット、中央スポット、後行スポットの信号が入力される。

【0254】ヘッドアンプ304からの中央の再生光を元に、サーボ回路314におけるスポット位置制御、PLL回路306におけるクロック再生、アドレス抜き出し回路308におけるアドレス再生、および、タイミングコントローラ回路312Aにおけるタイミング制御が行われる。タイミングコントローラ回路312Aは図67に示したタイミングコントローラ回路312と同じ処理を行う他、下記のタイミング制御用の信号を発生する。先行スポットおよび後行スポットは、ヘッドアンプ303および305を通った後、両スポットの時間差を吸収するための遅延回路352、354に入力される。光ディスク記録媒体200がCLVタイプの光ディスク記録媒体で、CLV再生の場合は遅延回路352、354における遅延時間は一定である。光ディスク記録媒体200がCAVタイプの光ディスク記録媒体で、CAV再生の場合は半径位置によって遅延量が異なるため、遅延回路352、354における遅延量はシステムコントローラ320Aからの信号で制御される。遅延回路352、354においてヘッドアンプ303、305からの信号の遅延量がコントロールされた後、A/D変換器356、358に印加されてデジタル信号に変換され、それらの結果が波形等化器336Aで波形等化される。

この例は、2ビーム同時読み出しであるから、図67に示した半導体メモリ(RAM)334は不要である。

【0255】波形等化器336Aで波形等化した後の復号処理は、図67を参照して述べた処理と同じである。波形等化器336Aで波形等化された信号が半導体メモリ342に一旦保存されて、3×3マトリクス・セルのデータが揃ったとき、半導体メモリ(ROM)346に記憶されている各種情報を参照してデコーダ344において復号される。デコーダ344において復号されたデータが原データid(q)に対応するフォーマットでインターフェース348から出力される。

【0256】本実施例のデータ再生装置によれば、図50を参照して述べたクラス1のパーシャルレスポンス(PR(1,1))の波形等化をした再生データが得られる。上述したように、本実施例における光ディスク記録媒体200は、タイミングコントローラ回路312Aからの遅延量によって制御される遅延回路352、354における遅延量を変化させることにより、CAV方式であっても、CLV方式であってもよい。

【0257】図69は3ビーム同時データ再生の場合のデータ再生装置の構成図である。このデータ再生装置はクラス2のパーシャルレスポンスPR(1,2,1)などの波形等化に好適である。本実施例のスポット配置は図51に示した配置が適している。図69に示したデータ再生装置は、図59に示したデータ再生装置に類似しているから、以下、図68に示したデータ再生装置との相違事項を述べる。本実施例のデータ再生装置は、3個の独立した遅延回路352、353、354、3個の独立したA/D変換器356、357、358、クラス2のパーシャルレスポンスを行う波形等化器336Bを有している。図69に示したデータ再生装置においては、中央のスポットもデータ再生に用いる。中央のスポットは、先行スポットおよび後行スポットと同様、遅延回路353、A/D変換器357を介して波形等化器336Bに入力される。遅延回路353もシステムコントローラ320Bからの遅延量によってヘッドアンプ304からの信号を遅延する。波形等化器336Bは、クラス2のパーシャルレスポンスPR(1,2,1)に応じた波形等化を行う。

【0258】本実施例のデータ再生装置によれば、図50を参照して述べたクラス2のパーシャルレスポンス(PR(1,2,1))の波形等化をした再生データが得られる。上述したように、本実施例における光ディスク記録媒体200は、タイミングコントローラ回路312Bからの遅延量によって制御される遅延回路352、353、354における遅延量を変化させることにより、CAV方式であっても、CLV方式であってもよい。

【0259】他の実施例

以上、データ再生装置として、1ビームから3ビームまでの例を示したが、このブロックを発展させることによ

り容易により多くのビームの再生が可能になる。たとえば、再生スポット数を5にし、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)の波形等化を行う場合、または、再生スポット数を6にし、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を行う場合などは、1つのデータパターン全てを同時に読み出せるので、上述した波形等化後の半導体メモリ342は不要である。

*

$$C(x, y) = 2 \times C(x, y) + C(x-1, y) + C(x, y-1) \\ + C(x+1, y) + C(x, y+1)$$

... (6)

【0262】以上の実施例は、二次元RLL符号処理および二次元RLL復号処理を行い、二次元的記録媒体に記録・再生する1データ処理単位(データブロック)として、3×3マトリクス・セルについて例示したが、上述した記述は、任意の大きさのm×nマトリクス・セル、任意の最短拘束長、任意の最長拘束長などについて述べており、本発明は任意の二次元状、m×nマトリクス・セルについて適用できることは言うまでもない。その場合、符号化処理単位データqを規定するビット数rは、m×n>rの関係があり、かつ、m×nのマトリクス・セルによって表される符号値配列が、上述したラン・レンジス・リミテーション(RLL)に関する諸条件を充足する大きさである必要がある。このような任意のm×nマトリクス・セルについても、上記同様、パターン選定順位決定処理を行って、円周方向接続可能フラグL(m, n)、半径方向接続可能フラグT(m, n)、パターン内連続マークフラグM(n, j)およびパターン内連続スペースフラグS(n, j)、選択順位a、コードN(a)などを求め、記録用入力データid(q)に

20

30

40

応じて記録パターン選択処理を行って任意の記録媒体、たとえば、光ディスク記録媒体に選択した2次元データパターンを記録する。その復号(再生)も上記同様に行う。

【0263】また、上述した実施例は、二次元RLL符号化結果が二次元方向にNRZ変換しても方向依存性がないことを述べたが、本発明の二次元RLL符号化処理結果は、NRZ変換に限らず、NRZI変換など他の変換処理に対しても方向依存性がなく、種々の変換処理にも対応できる。

【0264】図65～図69を参照して述べた、記録装置、再生装置および記録・再生装置は、二次元的記録媒体として、光ディスク記録媒体、ROMディスク記録媒体について述べたが、上述した記録装置、再生装置および記録・再生装置は、他の二次元的記録媒体、たとえば、図61および図62を参照して述べたCCD、図64を参照して述べたメモリカード記録媒体、フラッシュメモリ、磁気ディスク記録媒体、磁気ドラム記録媒体など、その他の種々の二次元的に記録が可能な記録媒体に適用できる。

*【0260】図66～図69における波形等化器336、336A、336Bにおける波形等化は、縦、横、それぞれの方向に施すことができるが、当然ながら、2次元方向の波形等化が有効である。2次元方向の波形等化の位置例を以下に示す。(x, y)は直交座標系における座標位置を表す。

【0261】

【0265】他の適用分野

なお、以上の実施例は、光ディスク記録媒体などの二次元的記録媒体に記録用原データid(q)をラン・レンジス・リミテーション(RLL)の条件下で符号化して記録する場合を例示したが、本発明の二次元RLL符号化方法は、二次元的記録媒体にデータを記録する場合にのみ限定されず、たとえば、送信系統において、送信データを二次元的にラン・レンジス・リミテーション(RLL)を課して送信するときの符号値配置など、他の種々の分野にも適用できる。

【0266】

【発明の効果】本発明の二次元RLL方法と装置によれば、符号化の際、NRZ変換などの変換を行っても、二次元方向のいずれにおいても矛盾がなく、記録データを二次元的にラン・レンジス・リミテーション(RLL)することができる。

【0267】本発明の二次元RLL符号化方法とその装置によれば、二次元RLL方法を適用して記録データを二次元的に符号化して、たとえば、二次元的記録媒体に二次元方向に高密度で記録できる、あるいは、二次元的に符号値を配置できる。

【0268】本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、二次元RLL符号化方法によって二次元RLL方法に基づいて符号化した二次元的記録媒体に記録された符号データを正確かつ効率よく復号できる。また本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、適切な再生スポットの元に、適切なパーシャルレスポンスを適用して二次元方向において適切な波形等化を行うことができる。特に、本発明においては、二次元的記録媒体に位置情報記憶部を設け、その位置情報を参照することにより、正確な波形等化処理などを行うことがき、正確な信号を再生できる。

【0269】さらに本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、光カードなどの並列読みだしにおける複数検出窓のシステムにおいて位置決めが容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は一次元ラン・レンジス・リミテーション(RLL)符号化方法を単純に二次元RLL符号化方法

に応用したと仮定した場合の仮想的な二次元RLL符号化方法によって符号化した値の例を示した図表である。

【図2】図2は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて、x方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。

【図3】図3は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて、y方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。

【図4】図4は図2に示したx方向のRLL結果と、図3に示したy方向のRLL結果を比較した結果を示す図表である。

【図5】図5は本発明の二次元RLL符号化方法、および二次元RLL復号化方法の概要を示す図である。

【図6】図6(A)、(B)は3×3マトリクス・セルの各セルをLSBからMSBに向かって位置づけし、2進数べき乗表記の重み付けをした図表である。

【図7】図7はコード番号0～511の符号値配列のなかで二次元RLL最短拘束長2Tの制限条件を満足するものを示した第1部分(前半部分)の図表である。

【図8】図8はコード番号0～511の符号値配列のなかで二次元RLL最短拘束長2Tの制限条件を満足するものを示した第2部分(後半部分)の図表である。

【図9】図9は二次元RLLの第1の拘束条件である最短拘束長2Tを満足するコード番号のマークを3×3マトリクスのセルに二次元状に表した図である。

【図10】図10はコード番号0～511のうち第1の条件を満足して使用できる符号値配列のコード番号と使用できない符号値配列のコード番号を示す図表である。

【図11】図11(A)、(B)は図6(A)、(B)および図9に示した3×3マトリクス・セル内でスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が連続しているかどうかを表す図表であり、図11(A)は図9に示したスペースの連続を示す図表であり、図11(B)はマークの連続を示す第1部分(前半部分)の図表である。

【図12】図12(A)、(B)は図6(A)、(B)および図9に示した3×3マトリクス・セル内でスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が連続しているかどうかを表す図表であり、図12(A)は図9に示したスペースの連続を示す図表であり、図12(B)はマークの連続を示す第2部分(後半部分)の図表である。

【図13】図13は光ディスク記録媒体の円周方向における3×3マトリクス・セルの符号値配列の基本的な接続関係を図解した図である。

【図14】図14は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第1部分の図表である。

【図15】図15は図9に図解した3×3マトリクス・

セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第2部分の図表である。

【図16】図16は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第3部分の図表である。

【図17】図17は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第4部分の図表である。

【図18】図18は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第5部分の図表である。

【図19】図19は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第6部分の図表である。

【図20】図20は光ディスク記録媒体のトラック方向における3×3マトリクス・セルの符号値配列の基本的な接続関係を図解した図である。

【図21】図21は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第1部分の図表である。

【図22】図22は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第2部分の図表である。

【図23】図23は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第3部分の図表である。

【図24】図24は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第4部分の図表である。

【図25】図25は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第5部分の図表である。

【図26】図26は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方

向接続可能フラグ $T(m, n)$ の第6部分の図表である。

【図27】図27(A)～(C)は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位 a に従って並べて円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、判定式 $D(a)$ 、および、記録用原データ $id(q)$ の符号化処理単位データ q との関係の例示を示す第1の第1部分(前半部分)の図表である。

【図28】図28(A)～(C)は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位 a に従って並べて円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、判定式 $D(a)$ 、および、記録用原データ $id(q)$ の符号化処理単位データ q との関係の例示を示す第1の第2部分(後半部分)の図表である。

【図29】図29(A)～(C)は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位 a に従って並べて円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、判定式 $D(a)$ 、および、記録用原データ $id(q)$ の符号化処理単位データ q との関係の例示を示す第2の第1部分(前半部分)の図表である。

【図30】図30(A)～(C)は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位 a に従って並べて円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、判定式 $D(a)$ 、および、記録用原データ $id(q)$ の符号化処理単位データ q との関係の例示を示す第2の第2部分(後半部分)の図表である。

【図31】図31は本発明のパターン選定順位決定処理によるパターン選定順位を決定する処理を示すフローチャートである。

【図32】図32は図31におけるステップS1における使用可能フラグ $E(n)$ を求めるの詳細処理を示すフローチャートである。

【図33】図33は図31のステップS2における円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ を求める詳細処理を示すフローチャートである。

【図34】図34は図31のステップS3における半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を求める詳細処理を示すフローチャートである。

【図35】図35は図31のステップS4におけるパターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ とパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ の求め方の詳細を示すフローチャートである。

【図36】図36は図31のステップS5における総接続可能フラグ $X(n)$ の求め方の詳細を示すフローチャートである。

【図37】図37は本発明の実施例の記録パターン選択

処理を示すフローチャートである。

【図38】図38は図37の詳細処理の第1部分を示すフローチャートである。

【図39】図39は図37の詳細処理の第2部分を示すフローチャートである。

【図40】図40は図37の詳細処理の第3部分を示すフローチャートである。

【図41】図41は本発明の実施例の記録パターン復号および再生処理を示すフローチャートである。

【図42】図42は図41の詳細処理を示す第1部分のフローチャートである。

【図43】図43は図41の詳細処理を示す第2部分のフローチャートである。

【図44】図44は図41の詳細処理を示す第3部分のフローチャートである。

【図45】図45は本発明のパターン選定順位決定処理装置の実施例として、光ディスク記録媒体に二次元的RLL符号化する前のパターン選定順位決定処理を示す装置の構成図である。

【図46】図46は本発明の二次元RLL符号化装置の実施例の記録パターン選択装置の第1例の構成図である。

【図47】図47は本発明の二次元RLL符号化装置の実施例の記録パターン選択装置の第2例の構成図である。

【図48】図48は本発明の記録パターン復号データ再生装置の第1実施例としての構成図である。

【図49】図49は本発明の記録パターン復号データ再生装置の第2実施例としての構成図である。

【図50】図50は光ディスク記録媒体におけるビットと光学スポットとの第1の位置関係を示す図である。

【図51】図51は光ディスク記録媒体におけるビットと光学スポットとの第2の位置関係を示す図であって、3スポットを用いて一度にパルスレスポンスPR(1, 2, 1)の信号を取り込める例を示した図である。

【図52】図52は光ディスク記録媒体におけるビットと光学スポットとの第2の位置関係を示す図であって、3スポットを用いてパルスレスポンスPR(1, 1)の信号を読み取る例を示した図である。

【図53】図53は4スポット同時読み取りの例を示した図である。

【図54】図54はサンプルエリアのビットとの第1の配置例を示す図である。

【図55】図55はサンプルエリアのビットとの第2の配置例を示す図である。

【図56】図56はサンプルエリアのビットとの第3の配置例を示す図である。

【図57】図57は図54におけるパターンの中心位置のビットの位置上をスポットが通過した時と、その位置

から径方向にずれた時のそれぞれの場合のスポットの再生信号を示す図である。

【図58】図58は図55において位置Bと位置Cでのピット配置が異なっている場合の再生信号を示す図である。

【図59】図59は図56において位置Bと位置Cでのピット配置が異なっている場合の再生信号を示す図である。

【図60】図60はサンプルエリアおよびアドレス信号がディスク記録媒体上に等間隔で割り振られていること 10を示す図である。

【図61】図61はCCDなどで並列読み出しを行う場合の第1形態を示す図である。

【図62】図62はCCDなどで並列読み出しを行う場合の第2形態を示す図である。

【図63】図63は図61および図52に示した読みだしにおける再生信号を表す図である。

【図64】図64はメモリカード媒体の平面図である。

【図65】図65は本発明の二次元RLI符号化によるデータ記録を行う実施例としての装置の構成図である。 20

【図66】図66は本発明の二次元RLI符号化方法によるデータ記録およびその再生を行う実施例としての装置の構成図である。

【図67】図67は本発明の二次元RLI復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、1ビームのみによるデータ再生装置の構成図である。

【図68】図68は本発明の二次元RLI復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、パースナルレスポンスPR(1, 1)などの波形等化時に好適な2ビーム同時にデータ再生を行うデータ再生装置の構成図 30である。

【図69】図69は本発明の二次元RLI復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、3ビーム同時データ再生を行うデータ再生装置の構成図である。

【図70】図70は光カードの概念図である。

【符号の説明】

- 10・・・検出装置
- 11・・・パターン内1T検出手段
- 12・・・パターン間円周方向接続検出手段
- 13・・・パターン間半径方向接続検出手段
- 14・・・パターン内連続検出手段
- 15・・・パターン順位付け手段
- 19・・・制御手段
- 20・・・記憶装置
- 21・・・円周方向接続テーブル
- 22・・・半径方向接続テーブル
- 23・・・パターン内連続テーブル
- 24・・・コード順位対応テーブル
- 25・・・既入力パターンテーブル
- 30・・・検出装置

- 31・・・データ記録位置保持手段
- 32・・・接続可能パターン検出手段
- 33・・・コードパターン変換手段
- 34・・・スイッチング手段
- 35・・・パターン間連続検出手段
- 36・・・第2のパターンコード変換手段
- 39・・・制御手段
- 40・・・遅延装置
- 60・・・検出装置
- 61・・・データ再生位置保持手段
- 62・・・接続可能パターン検出手段
- 63・・・パターンコード変換手段
- 64・・・スイッチング手段
- 65・・・パターン間連続検出手段
- 69・・・制御手段
- 70・・・遅延装置
- 100・・・データ記録装置
- 102・・・インターフェース
- 104・・・パターン選択器
- 106・・・半導体メモリ
- 108・・・HDD
- 110・・・システムコントローラ
- 112・・・スイッチング回路
- 114・・・サンプル部データ
- 116・・・光変調器用ドライバ
- 118・・・光変調器
- 120・・・レーザー光
- 122・・・変調レーザー光
- 122・・・対物レンズ
- 132・・・半導体ROM
- 134・・・半導体ROM
- 200・・・光ディスク記録媒体
- 210・・・ガラス原盤
- 220・・・ROMディスク
- 230・・・スピンドルモータ
- 300・・・データ再生装置
- 302・・・光ピックアップ
- 303, 304, 305・・・ヘッドアンプ
- 306・・・PLL回路
- 308・・・アドレス抜き出し回路
- 310・・・誤差信号ホールド回路
- 312・・・タイミングコントローラ回路
- 314・・・サーボ回路
- 316・・・ドライブ回路
- 320・・・システムコントローラ
- 332・・・A/D変換器
- 334・・・半導体メモリ(RAM)
- 336・・・波形等化器
- 342・・・半導体メモリ
- 344・・・デコーダ

E (n)	・使用可能フラグ
X (n)	・総接続可能フラグ
X' (n)	・仮総接続可能フラグ
a	・選択順位
N (a)	・選択コード
D (a)	・判定式
i d (q)	・符号化対象原データ
q	・符号化処理単位データ
(f, g)	・二次元位置、f・・・円周方向位置
g	・半径方向位置
P (f, g)	・位置パターン
CP (n)	・コードパターン
P ⁻ (f, g)	・二次元位置 (f, g) におけるパターンコード
LF (a)	・連続条件判定式
LF	・連続最長フラグ
c	・検索数

【图 1 1】

[illegible]

【图 13】

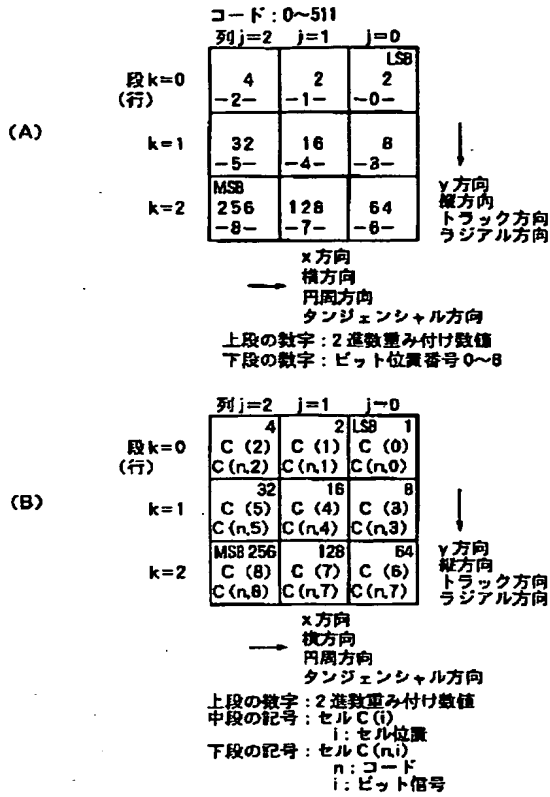
後行セルデータ 隣接部 先行セルデータ

C(n,2)	C(n,1)	C(n,0)	←	C(m,2)	C(m,1)	C(m,0)
C(n,5)	C(n,4)	C(n,3)	←	C(m,5)	C(m,4)	C(m,3)
C(n,8)	C(n,7)	C(n,6)	←	C(m,8)	C(m,7)	C(m,6)

光ディスク記録媒体の回転の向き

(A)				(B)			
$S(n, k)$				$M(n, k)$			
n	(2)	(1)	(0)	n	(0)	(1)	(2)
0	1	1	1	0	0	0	0
511	0	0	0	511	1	1	1
507	0	0	0	507	1	1	0
510	0	0	0	510	0	1	0
255	0	0	0	255	0	1	0
447	0	0	0	447	0	1	1
1	1	1	0	1	0	0	0
4	1	1	0	4	0	0	0
54	0	1	1	54	0	0	0
256	0	1	1	256	0	0	0
319	0	0	0	319	0	1	1
502	0	0	0	502	1	0	0
475	0	0	0	475	1	0	0
508	0	0	0	508	1	1	0
3	1	1	0	3	0	0	0
6	1	1	0	6	0	0	0
9	1	1	0	9	0	0	0
38	1	0	0	38	0	0	0
127	0	0	0	127	0	1	0
192	0	1	1	192	0	0	0
223	0	0	0	223	0	0	0
268	0	0	1	268	0	1	0
438	0	0	0	438	0	0	0
505	0	0	0	505	1	1	0
72	0	0	1	72	0	0	0
364	0	1	1	364	0	0	0
457	0	0	0	457	1	0	0
484	0	0	0	484	1	0	0
27	0	0	0	27	0	0	0
54	1	0	0	54	0	0	0
78	0	0	0	78	0	0	1
285	0	0	0	285	0	0	0
218	0	0	1	218	0	0	0
432	0	0	0	432	0	0	0
472	0	0	1	472	1	0	0
91	0	0	0	91	0	0	0
310	0	0	0	310	0	0	0
420	0	0	0	420	0	0	0
456	0	0	1	456	1	0	0
436	0	0	0	436	0	0	0
15	0	0	0	15	0	0	1
31	1	0	0	31	0	0	0
39	0	0	0	39	0	0	0

【図6】

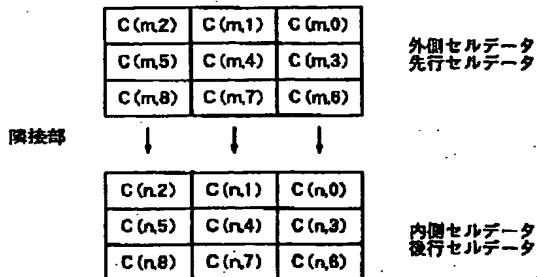


【図7】

code	bin.data	-8-	-7-	-6-	-5-	-4-	-3-	-2-	-1-	-0-
0	00000000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	00000001	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	00000011	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	00000100	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	00000110	0	0	0	0	0	0	1	1	0
7	00000111	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	00001001	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	00001011	0	0	0	0	0	1	0	1	1
15	00001111	0	0	0	0	0	1	1	1	1
27	00011011	0	0	0	0	1	1	0	1	1
31	00011111	0	0	0	0	1	1	1	1	1
36	00100100	0	0	0	1	0	0	1	0	0
38	00100110	0	0	0	1	0	0	1	1	0
39	00100111	0	0	0	1	0	0	1	1	1
54	00110110	0	0	0	1	1	0	1	1	0
55	00110111	0	0	0	1	1	0	1	1	1
63	00111111	0	0	0	1	1	1	1	1	1
64	01000000	0	0	1	0	0	0	0	0	0
68	01000100	0	0	1	0	0	0	1	0	0
70	01000110	0	0	1	0	0	0	1	1	0
72	01001000	0	0	1	0	0	1	0	0	0
73	01001001	0	0	1	0	0	1	0	0	1
75	01001011	0	0	1	0	0	1	0	1	1
76	01001100	0	0	1	0	0	1	1	0	0
78	01001110	0	0	1	0	0	1	1	1	0
79	01001111	0	0	1	0	0	1	1	1	1
91	01011011	0	0	1	0	1	1	0	1	1
94	01011110	0	0	1	0	1	1	1	1	0
95	01011111	0	0	1	0	1	1	1	1	1
100	01100100	0	0	1	1	0	0	1	0	0
102	01100110	0	0	1	1	0	0	1	1	0
118	01110110	0	0	1	1	1	0	1	1	0
126	01111110	0	0	1	1	1	1	1	1	0
127	01111111	0	0	1	1	1	1	1	1	1
192	01100000	0	1	1	0	0	0	0	0	0
196	01100100	0	1	1	0	0	0	1	0	0
200	01100100	0	1	1	0	0	1	0	0	0
201	01100101	0	1	1	0	0	1	0	0	1
204	01100110	0	1	1	0	0	1	1	0	0
216	01101100	0	1	1	0	1	1	0	0	0
217	01101101	0	1	1	0	1	1	0	0	1
219	01101101	0	1	1	0	1	1	0	1	1
220	01101110	0	1	1	0	1	1	1	0	0
222	01101110	0	1	1	0	1	1	1	1	0
223	01101111	0	1	1	0	1	1	1	1	1
228	01110010	0	1	1	1	0	0	1	0	0
244	01111010	0	1	1	1	1	0	1	0	0
246	01111010	0	1	1	1	1	0	1	1	0
252	01111100	0	1	1	1	1	1	1	0	0
254	01111110	0	1	1	1	1	1	1	1	0
255	01111111	0	1	1	1	1	1	1	1	1

【図20】

トラック方向接続関係(隣接関係)



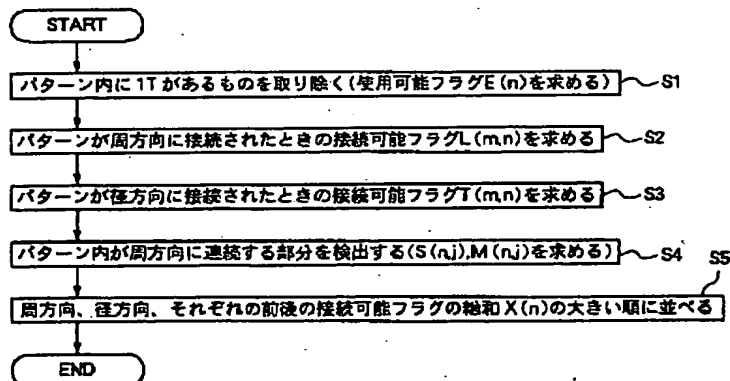
code	bin.data	-8-	-7-	-6-	-5-	-4-	-3-	-2-	-1-	0-
256	100000000	1	0	0	0	0	0	0	0	0
257	100000001	1	0	0	0	0	0	0	0	1
259	100000011	1	0	0	0	0	0	0	1	1
265	100001001	1	0	0	0	0	1	0	0	1
267	100001011	1	0	0	0	0	1	0	1	1
283	100011011	1	0	0	0	1	1	0	1	1
288	100100000	1	0	0	1	0	0	0	0	0
289	100100001	1	0	0	1	0	0	0	0	1
291	100100011	1	0	0	1	0	0	0	1	1
292	100100100	1	0	0	1	0	0	1	0	0
294	100100110	1	0	0	1	0	0	1	1	0
295	100100111	1	0	0	1	0	0	1	1	1
307	100110011	1	0	0	1	1	0	0	1	1
310	100110110	1	0	0	1	1	0	1	1	0
311	100110111	1	0	0	1	1	0	1	1	1
315	100111011	1	0	0	1	1	1	0	1	1
319	100111111	1	0	0	1	1	1	1	1	1
384	110000000	1	1	0	0	0	0	0	0	0
385	110000001	1	1	0	0	0	0	0	0	1
393	110001001	1	1	0	0	0	1	0	0	1
409	110011001	1	1	0	0	1	1	0	0	1
411	110011011	1	1	0	0	1	1	0	1	1
416	110100000	1	1	0	1	0	0	0	0	0
417	110100001	1	1	0	1	0	0	0	0	1
420	110100100	1	1	0	1	0	0	1	0	0
432	110110000	1	1	0	1	1	0	0	0	0
433	110110001	1	1	0	1	1	0	0	0	1
435	110110011	1	1	0	1	1	0	0	1	1
436	110110100	1	1	0	1	1	0	1	0	0
438	110110110	1	1	0	1	1	0	1	1	0
439	110110111	1	1	0	1	1	0	1	1	1
441	110111001	1	1	0	1	1	1	0	0	1
443	110111011	1	1	0	1	1	1	0	1	1
447	110111111	1	1	0	1	1	1	1	1	1
448	111000000	1	1	1	0	0	0	0	0	0
456	111001000	1	1	1	0	0	1	0	0	0
457	111001001	1	1	1	0	0	1	0	0	1
472	111011000	1	1	1	0	1	1	0	0	0
473	111011001	1	1	1	0	1	1	0	0	1
475	111011011	1	1	1	0	1	1	0	1	1
480	111100000	1	1	1	1	0	0	0	0	0
484	111100100	1	1	1	1	0	0	1	0	0
496	111110000	1	1	1	1	1	0	0	0	0
500	111110100	1	1	1	1	1	0	1	0	0
502	111110110	1	1	1	1	1	0	1	1	0
504	111111000	1	1	1	1	1	1	0	0	0
506	111111001	1	1	1	1	1	1	0	0	1
507	111111011	1	1	1	1	1	1	0	1	1
508	111111100	1	1	1	1	1	1	1	0	0
510	111111110	1	1							

【図10】

利用するコード	利用しないコード
0, 1, 3, 4, 6, 7, 9	2, 5, 8,
11, 15	10, 12~16, 16~19
27	20~26, 28, 29
31, 36, 38, 39	30, 32~35, 37
	40~49
54, 55	51~53, 56~59
63, 64, 68	60~62, 65~67, 69
70, 72, 73, 75, 76, 78, 79	71, 74, 77
	80~89
91, 94, 95	90, 92, 93, 96~99
100, 102	101, 103~109
118	110~117, 119
126, 127	120~125, 128, 129
	130~139
	140~149
	150~159
	160~169
	170~179
	180~189
192, 196	190, 191, 193, 194, 197~199
200, 201, 204	202, 205~209
216, 217, 219	210~215, 218
220, 222, 223, 228	221, 222, 224~227, 229
	230~239
244, 246	240~243, 245, 247~249
252, 254, 255, 256, 257, 259	250, 251, 253, 258
265, 267	260~264, 266, 268, 269
	270~279
283, 288, 289	280~282, 284~287
291, 292, 294, 295	290, 292, 293, 296~299
307	300~306, 308, 309
310, 311, 315, 319	312, 313, 314, 316, 317, 318
	320~329
	330~339
	340~349
	350~359
	360~369
	370~379
384, 385	380~383, 386~389
393	390~392, 394~399
409	400~408
411, 416, 417	410, 412~415, 418, 419
420	421~429
432, 433, 435, 436, 438, 439	430, 431, 437
441, 443, 447, 448	440, 442, 444, 445, 446, 449
456, 457	450~455, 458, 459
	460~469
472, 473, 475	470, 471, 474, 476~479
480, 484	481~483, 485~489
496	490~495, 497~499
500, 502, 504, 505, 507, 508	501, 503, 509
510, 511	

【図31】

パターン選定順位決定処理



$$L(m, n) = 5$$

l(m,n)		m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n	0	0	1	1	1	1	0	1	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	511	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	507	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	510	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	255	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
	447	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	4	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	64	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	256	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	319	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	502	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	475	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	508	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
	9	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	36	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	127	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
	192	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	223	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	288	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	438	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	505	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	72	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	384	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	457	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	484	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	27	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	54	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
	79	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
	295	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	216	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	432	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
	472	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	91	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	310	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	420	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	556	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	436	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	15	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
	31	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	39	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0

【図19】

L(m, n) - 6

L(m, n)	m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n	55	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
	75	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	294	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	485	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	217	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	201	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	480	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	435	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	126	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
	252	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
	70	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
	76	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	100	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	196	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	259	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	265	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	289	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	385	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	411	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	222	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	441	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
	246	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
	315	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	473	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	500	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	254	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
	443	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	11	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	38	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
	68	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	95	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
	257	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	311	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	200	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	416	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	94	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
	409	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	102	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	204	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	267	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	417	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	244	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
	307	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0

$$T(m, n) \sim 1$$
[illegible]

$$T(m, n) - 3$$

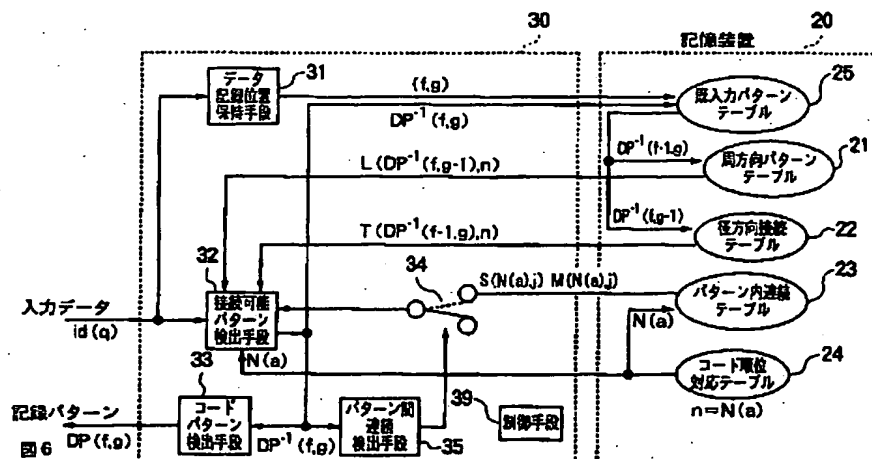
T(m,n)	m	437	472	91	310	420	456	435	15	31	39	55	75	284	456	217	201	480	435	126	252	70	76	100	195	259	265	289	385	411	221	441	246	315	
n	0	1	1	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	3	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
	511	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1		
	507	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	
	510	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	285	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
	447	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	
	64	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
	266	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
	319	0	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	502	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	
	475	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	508	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	
	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	
	6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	
	9	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	36	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	127	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
	192	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	223	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
	288	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	438	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	505	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	3	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
	72	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	1	0	3	1	1	1	1	1	0	1	0	
	384	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	457	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	484	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	27	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	54	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	79	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
	295	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	
	216	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	432	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	472	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	91	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	310	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	420	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	455	0	0	1	0	3	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	435	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	15	1	1	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	31	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	39	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

【図26】

T(m,n) - 6

T(m,n)	m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n	55	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
75	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
294	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
496	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
217	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
201	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
480	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
435	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
126	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
252	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
70	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
78	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
100	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
196	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
259	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
265	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
289	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
385	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
411	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
222	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
441	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
246	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
315	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
473	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
500	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
254	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
443	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
11	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
68	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
95	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
257	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
311	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
200	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
416	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
94	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
409	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
102	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
204	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
267	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
417	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
244	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
307	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

【図46】



【図27】

(A)					(B)					(C)					
$d(q)=2$ 19					$d(q)=10$ 35					$d(q)=10$ 24					
N(a)	L(4n)	T(64n)	D(a)	id	N(a)	L(4n)	T(64n)	D(a)	id	N(a)	L(4n)	T(64n)	S(n0)	D(a)	id
0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
511	0	1	0		511	1	1	1	1	511	1	1	0	1	0
507	0	1	0		507	1	1	1	2	507	1	1	0	1	1
510	0	1	0		510	1	1	1	3	510	1	1	0	1	2
255	1	1	1	1	255	1	1	1	4	255	1	1	0	1	3
447	0	1	0		447	1	1	1	5	447	1	1	0	1	4
1	1	1	1	2*	1	1	1	1	6	1	1	1	1	0	
4	1	1	1	3	4	0	1	0		4	0	1	1	0	
64	1	0	0		64	1	0	0		64	1	0	0	0	
256	0	0	0		256	0	0	0		256	0	0	0	0	
319	0	1	0		319	0	1	0		319	0	1	0	0	
502	0	0	0		502	1	0	0		502	1	0	0	0	
475	0	0	0		475	1	0	0		475	1	0	0	0	
508	0	1	0		508	0	1	0		508	0	1	0	0	
3	0	1	0		3	1	1	1	7	3	1	1	1	0	
6	1	1	1	4	6	1	1	1	8	6	1	1	1	0	
9	1	1	1	5	9	1	1	1	9	9	1	1	1	0	
36	1	1	1	8	36	0	1	0		36	0	1	1	0	
127	1	1	1	7	127	1	1	1	10*	127	1	1	0	1	5
192	1	0	0		192	1	0	0		192	1	0	0	0	
223	0	1	0		223	1	1	1	11	223	1	1	0	1	6
288	0	1	0		288	0	1	0		288	0	1	0	0	
439	0	1	0		439	1	1	1	12	439	1	1	0	1	7
505	0	1	0		505	1	1	1	13	505	1	1	0	1	8
72	1	1	1	8	72	1	1	1	14	72	1	1	0	1	9
384	0	0	0		384	1	0	0		384	1	0	0	0	
457	0	0	0		457	1	0	0		457	1	0	0	0	
484	0	0	0		484	0	0	0		484	0	0	0	0	
27	0	1	0		27	1	1	1	15	27	1	1	1	0	
54	1	1	1	9	54	1	1	1		54	1	1	1	0	
79	1	1	1	10	79	1	1	1		79	1	1	0	1	10*
295	0	1	0		295	0	1	0		295	0	1	0	0	
216	0	1	0		216	1	1	1		216	1	1	0	1	11
432	0	1	0		432	1	1	1		432	1	1	0	1	12
472	0	0	0		472	1	0	0		472	1	0	0	0	
91	0	1	0		91	1	1	1		91	1	1	0	1	13
310	0	1	0		310	0	1	0		310	0	1	0	0	
420	0	0	0		420	0	0	0		420	0	0	0	0	
456	0	0	0		456	1	0	0		456	1	0	0	0	
436	0	1	0		436	0	1	0		436	0	1	0	0	
15	1	1	1	11	15	1	1	1		15	1	1	1	0	
31	0	1	0		31	1	1	1		31	1	1	1	0	
39	1	1	1	12	39	0	1	0		39	0	1	1	0	
55	1	1	1	13	55	1	1	1		55	1	1	1	0	
75	0	1	0		75	1	1	1		75	1	1	0	1	14
294	0	1	0		294	0	1	0		294	0	1	0	0	
496	0	0	0		496	1	0	0		496	1	0	0	0	

【図 28】

(A)					(B)					(C)					
id(a) = 2					id(q) = 10					id(q) = 10					
N(a)	L(447,n)	T(64,n)	D(a)	id	N(a)	L(4,n)	T(0,n)	D(a)	id	N(a)	L(4,n)	T(0,n)	S(n,0)	D(a)	id
217	0	1	0		217	1	1	1		217	1	1	0	1	15
201	1	0	0		201	1	0	0		201	1	0	0	0	
480	0	0	0		480	0	0	0		480	0	0	0	0	
435	0	1	0		435	1	1	1		435	1	1	0	1	
126	1	1	1	14	126	1	1	1		126	1	1	0	1	
252	1	1	1	15	252	0	1	0		252	0	1	0	0	
70	1	0	0		70	1	0	0		70	1	0	0	0	
76	1	1	1		76	0	1	0		76	0	1	0	0	
100	1	0	0		100	0	0	0		100	0	0	0	0	
196	1	0	0		196	0	0	0		196	0	0	0	0	
259	0	0	0		259	0	0	0		259	0	0	0	0	
265	0	0	0		265	0	0	0		265	0	0	0	0	
289	0	1	0		289	0	1	0		289	0	1	0	0	
385	0	0	0		385	1	0	0		385	1	0	0	0	
411	0	0	0		411	1	0	0		411	1	0	0	0	
222	0	1	0		222	1	1	1		222	1	1	0	1	
441	0	1	0		441	1	1	1		441	1	1	0	1	
246	1	0	0		246	1	0	0		246	1	0	0	0	
315	0	1	0		315	0	1	0		315	0	1	0	0	
473	0	0	0		473	1	0	0		473	1	0	0	0	
500	0	0	0		500	0	0	0		500	0	0	0	0	
254	1	1	1		254	1	1	1		254	1	1	0	1	
443	0	1	0		443	1	1	1		443	1	1	0	1	
11	0	1	0		11	1	1	1		11	1	1	1	0	
38	1	1	1		38	0	1	0		38	0	1	1	0	
68	1	0	0		68	0	0	0		68	0	0	0	0	
95	0	1	0		95	1	1	1		95	1	1	0	1	
257	0	0	0		257	0	0	0		257	0	0	0	0	
311	0	1	0		311	0	1	0		311	0	1	0	0	
200	1	0	0		200	1	0	0		200	1	0	0	0	
416	0	0	0		416	0	0	0		416	0	0	0	0	
94	0	1	0		94	1	1	1		94	1	1	0	1	
409	0	0	0		409	1	0	0		409	1	0	0	0	
102	1	0	0		102	0	0	0		102	0	0	0	0	
204	1	0	0		204	0	0	0		204	0	0	0	0	
267	0	0	0		267	0	0	0		267	0	0	0	0	
417	0	0	0		417	0	0	0		417	0	0	0	0	
244	1	0	0		244	0	0	0		244	0	0	0	0	
307	0	1	0		307	0	1	0		307	0	1	0	0	
(j) S(447,j)					(j) S(4,i)					(j) S(4,i)					
(0) 0					(0) 1					(0) 1					
(1) 0					(1) 1					(1) 1					
(2) 0					(2) 0					(2) 0					
(j) M(447,j)					(j) M(4,j)					(j) M(4,j)					
(0) 0					(0) 0					(0) 0					
(1) 1					(1) 0					(1) 0					
(2) 1					(2) 0					(2) 0					

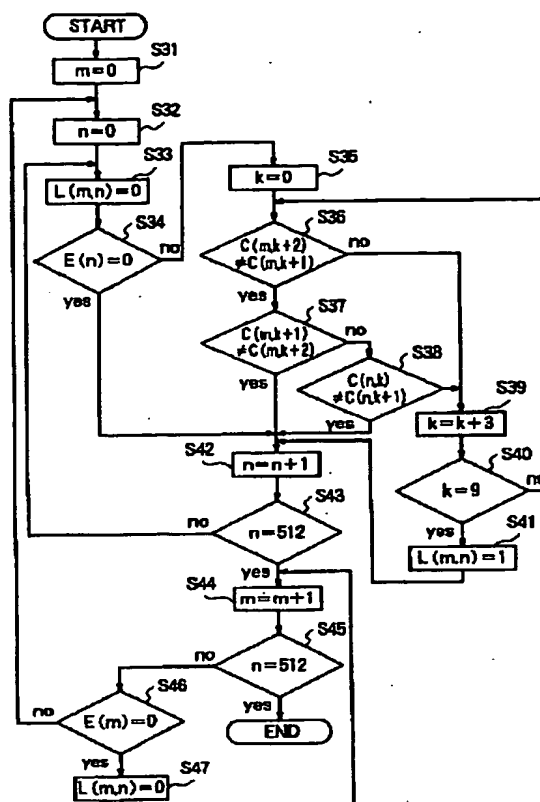
【図29】

(A)					(B)					(C)				
id(q)=5					id(q)=15					id(q)=15				
N(a)	L(94n)	T(76n)	D(a)	id	N(a)	L(94n)	T(76n)	D(a)	id	N(a)	L(307n)	T(319n)	D(a)	id
0	0	0	0		0	0	0	0		0	1	1	1	12
511	0	0	0		511	0	0	0		511	0	1	0	
507	1	0	0		507	1	0	0		507	0	1	0	
510	0	0	0		510	0	0	0		510	0	1	0	
255	0	0	0		255	0	0	0		255	0	0	0	
447	0	1	0		447	0	1	0		447	0	0	0	
1	0	0	0		1	0	0	0		1	1	1	1	13
4	0	0	0		4	0	0	0		4	1	1	1	14
64	0	0	0		64	0	0	0		64	1	1	1	15*
256	1	1	1	0	256	1	1	1	0	256	0	1	0	
319	0	1	0		319	0	1	0		319	0	0	0	
502	0	0	0		502	0	0	0		502	0	1	0	
475	0	0	0		475	0	0	0		475	0	1	0	
508	0	0	0		508	0	0	0		508	0	1	0	
3	0	0	0		3	0	0	0		3	0	1	0	
6	0	0	0		6	0	0	0		6	1	1	1	
9	0	0	0		9	0	0	0		9	1	0	0	
36	0	0	0		36	0	0	0		36	0	0	0	
127	0	0	0		127	0	0	0		127	0	0	0	
192	0	0	0		192	0	0	0		192	1	1	1	
223	0	0	0		223	0	0	0		223	1	1	1	
288	1	1	1	1	288	1	1	1	1	288	0	1	0	
439	0	1	0		439	0	1	0		439	0	1	0	
505	1	0	0		505	1	0	0		505	0	1	0	
72	0	0	0		72	0	0	0		72	1	1	1	
384	1	0	0		384	1	0	0		384	1	1	1	
457	1	0	0		457	1	0	0		457	1	1	1	
484	0	0	0		484	0	0	0		484	0	1	0	
27	0	0	0		27	0	0	0		27	0	0	0	
54	0	0	0		54	0	0	0		54	0	0	0	
79	0	0	0		79	0	0	0		79	1	1	1	
295	0	1	0		295	0	1	0		295	0	1	0	
216	0	0	0		216	0	0	0		216	1	1	1	
432	1	1	1	2	432	1	1	1	2	432	0	1	0	
472	0	0	0		472	0	0	0		472	1	1	1	
91	0	0	0		91	0	0	0		91	0	0	0	
310	0	1	0		310	0	1	0		310	0	0	0	
420	0	0	0		420	0	0	0		420	0	1	0	
456	1	0	0		456	1	0	0		456	1	1	1	
436	0	1	0		436	0	1	0		436	0	1	0	
15	0	0	0		15	0	0	0		15	1	0	0	
31	0	0	0		31	0	0	0		31	1	0	0	
39	0	0	0		39	0	0	0		39	0	0	0	
55	0	0	0		55	0	0	0		55	0	0	0	
75	0	0	0		75	0	0	0		75	0	1	0	
294	0	1	0		294	0	1	0		294	0	1	0	
496	1	0	0		496	1	0	0		496	0	1	0	

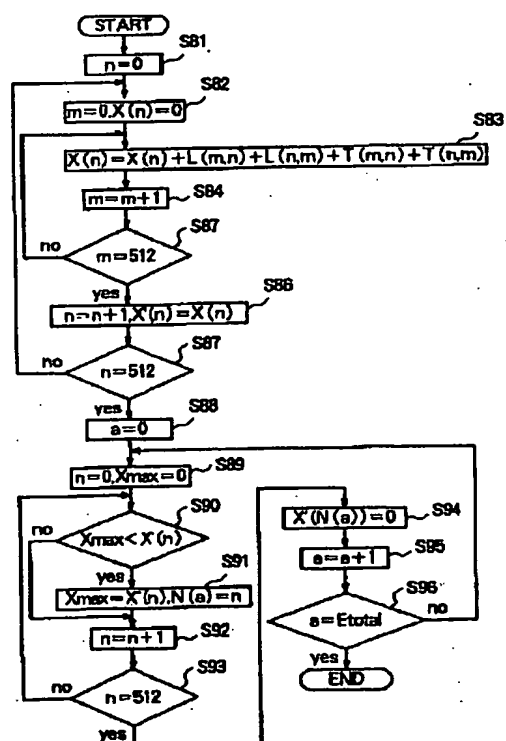
【図30】

(A)					(B)					(C)				
id(q)=5					id(q)=15					id(q)=15				
N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(307,n)	T(319,n)	D(a)	id
217	0	0	0		217	0	0	0		217	1	1	1	
201	0	0	0		201	0	0	0		201	1	1	1	
480	1	0	0		480	1	0	0		480	0	1	0	
435	1	1	1	3	435	1	1	1	3	435	0	1	0	
126	0	0	0		126	0	0	0		126	0	0	0	
252	0	0	0		252	0	0	0		252	0	0	0	
70	0	0	0		70	0	0	0		70	1	1	1	
76	0	0	0		76	0	0	0		76	1	1	1	
100	0	0	0		100	0	0	0		100	0	0	0	
196	0	0	0		196	0	0	0		196	1	1	1	
259	1	1	1	4	259	1	1	1	4	259	0	1	0	
265	1	1	1	5*	265	1	1	1	5	265	0	0	0	
289	1	1	1	6	289	1	1	1	6	289	0	1	0	
385	1	0	0		385	1	0	0		385	1	1	1	
411	0	1	0		411	0	1	0		411	0	0	0	
222	0	0	0		222	0	0	0		222	1	1	1	
441	1	1	1	7	441	1	1	1	7	441	0	0	0	
246	0	0	0		246	0	0	0		246	0	0	0	
315	1	1	1	8	315	1	1	1	8	315	0	0	0	
473	0	0	0		473	0	0	0		473	1	1	1	
500	0	0	0		500	0	0	0		500	0	1	0	
254	0	0	0		254	0	0	0		254	0	0	0	
443	1	1	1	9	443	1	1	1	9	443	0	0	0	
11	0	0	0		11	0	0	0		11	0	0	0	
38	0	0	0		38	0	0	0		38	0	0	0	
68	0	0	0		68	0	0	0		68	1	1	1	
95	0	0	0		95	0	0	0		95	1	0	0	
257	1	1	1	10	257	1	1	1	10	257	0	1	0	
311	0	1	0		311	0	1	0		311	0	0	0	
200	0	0	0		200	0	0	0		200	1	1	1	
416	1	0	0		416	1	0	0		416	0	1	0	
94	0	0	0		94	0	0	0		94	1	0	0	
409	0	1	0		409	0	1	0		409	1	0	0	
102	0	0	0		102	0	0	0		102	0	0	0	
204	0	0	0		204	0	0	0		204	1	1	1	
267	1	1	1	11	267	1	1	1	11	267	0	0	0	
417	1	0	0		417	1	0	0		417	0	1	0	
244	0	0	0		244	0	0	0		244	0	0	0	
307	1	1	1	D	307	1	1	1	D	307	0	0	0	
(i) S(94,j)	(j) M(94,i)				(i) S(94,j)	(j) M(94,i)				(i) S(307,j)	(j) M(307,i)			
(0) 0	(0) 0				(0) 0	(0) 0				(0) 0	(0) 0			
(1) 0	(1) 1				(1) 0	(1) 1				(1) 0	(1) 0			
(2) 0	(2) 0				(2) 0	(2) 0				(2) 0	(2) 0			

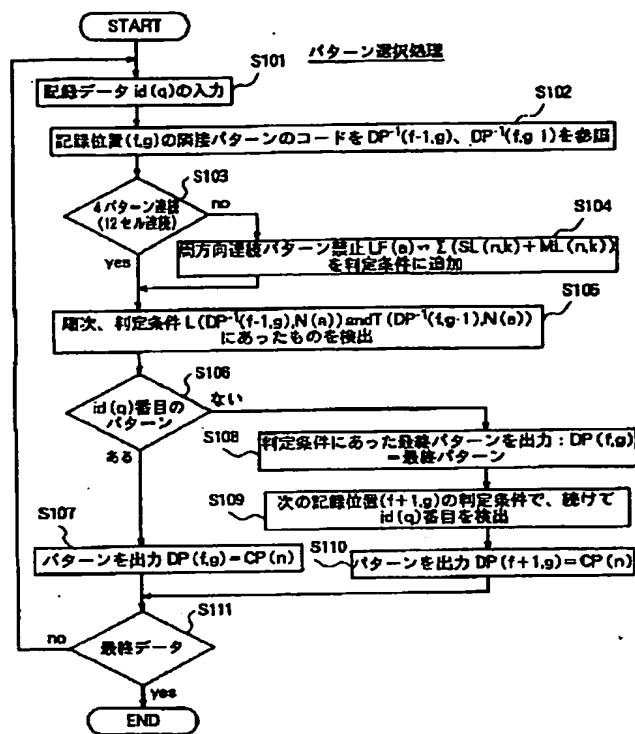
【图 3 3】



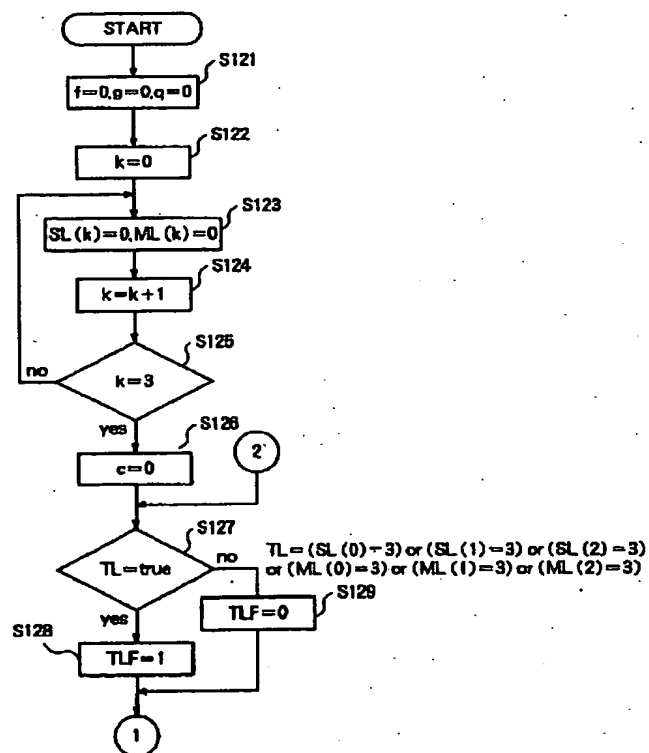
【図 3 6】



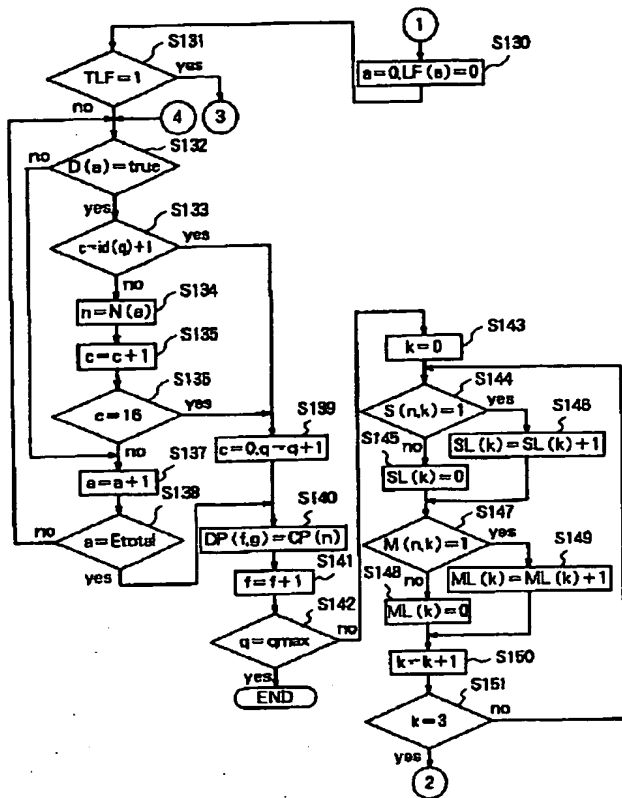
【图 37】



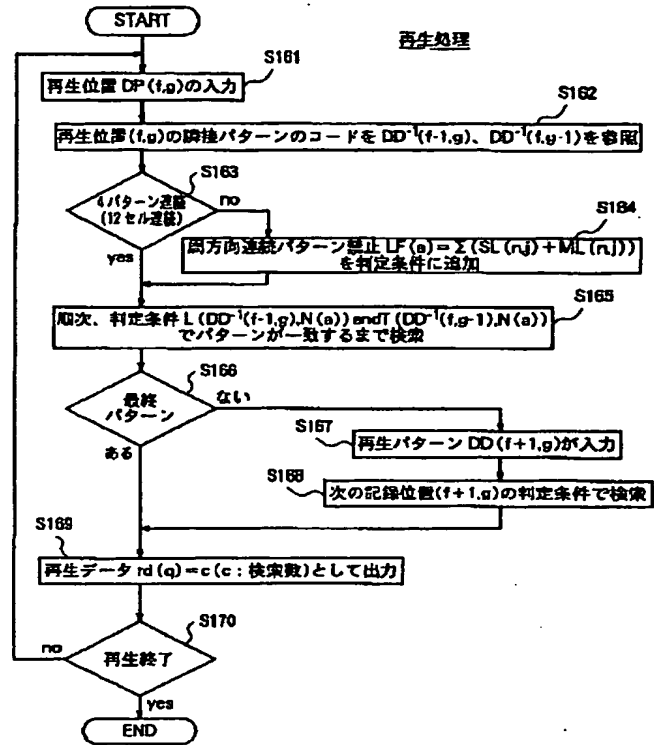
【図 3 8】



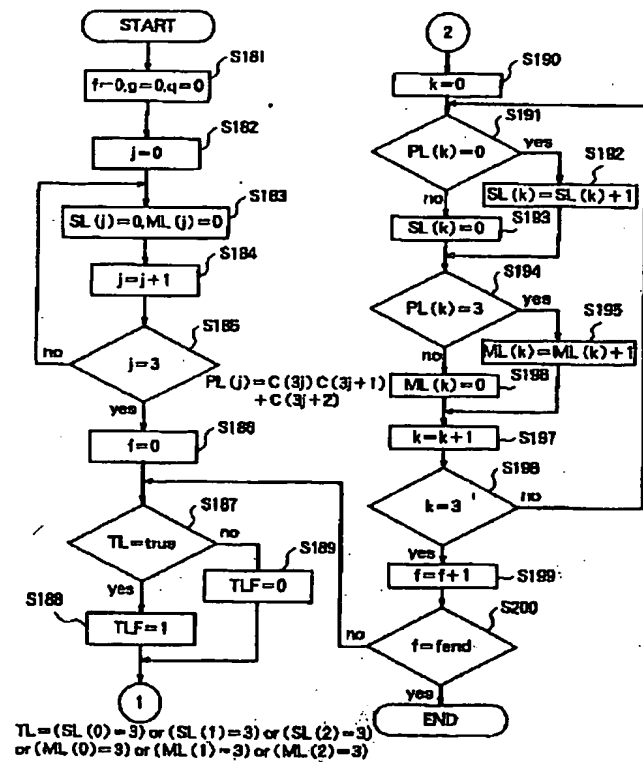
【図39】



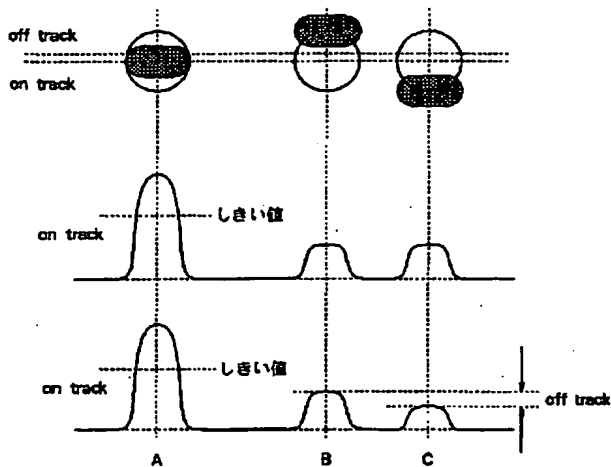
【図41】



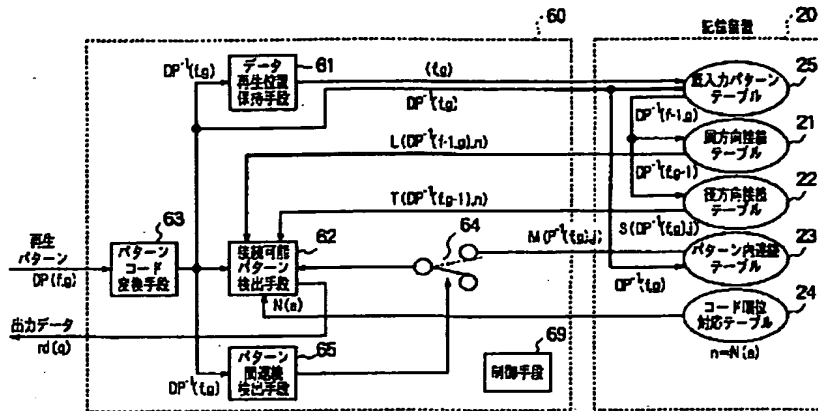
【図42】



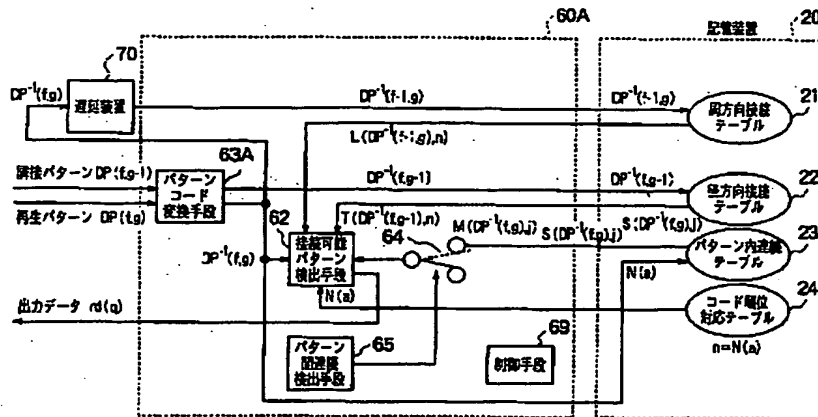
【図57】



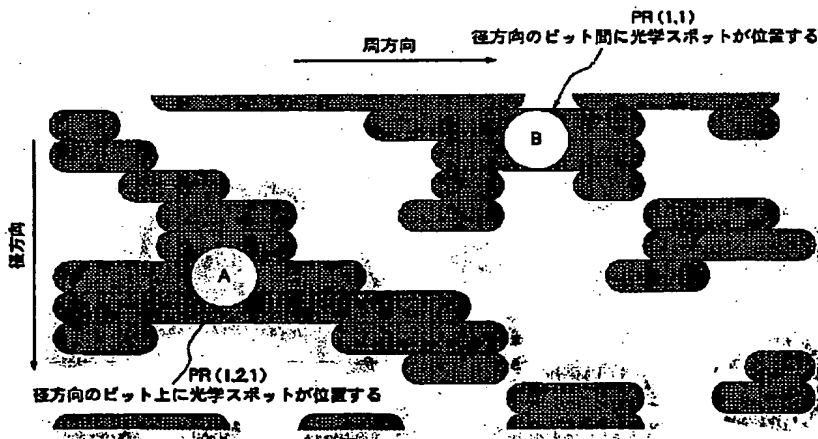
【図48】



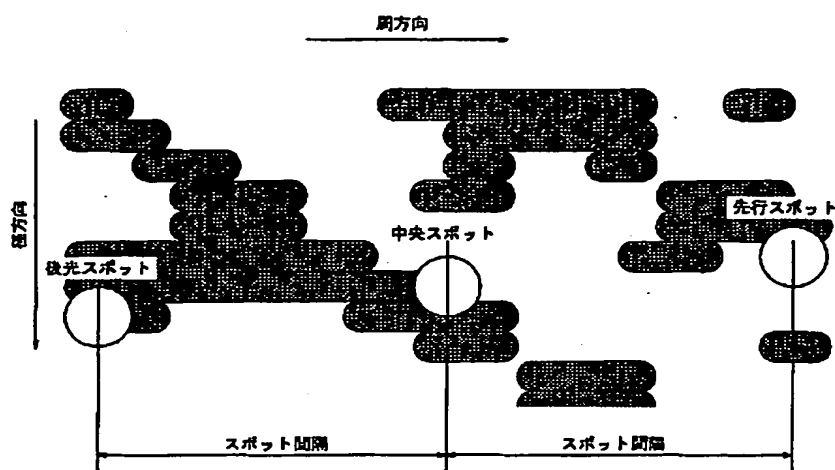
【図49】



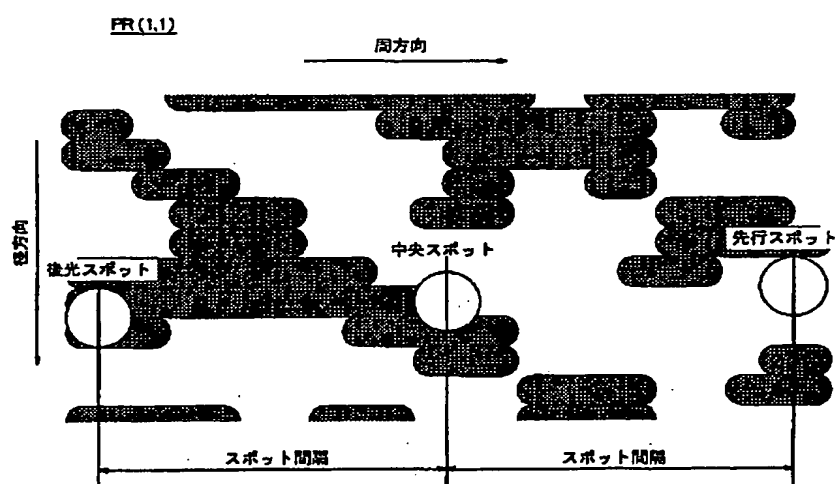
【図50】



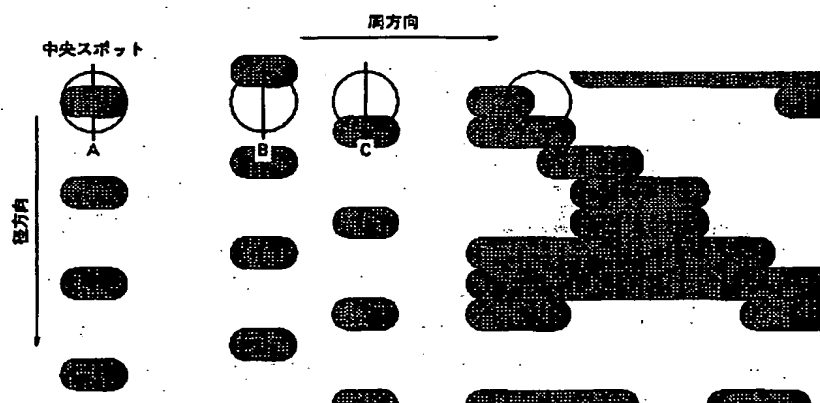
【図51】



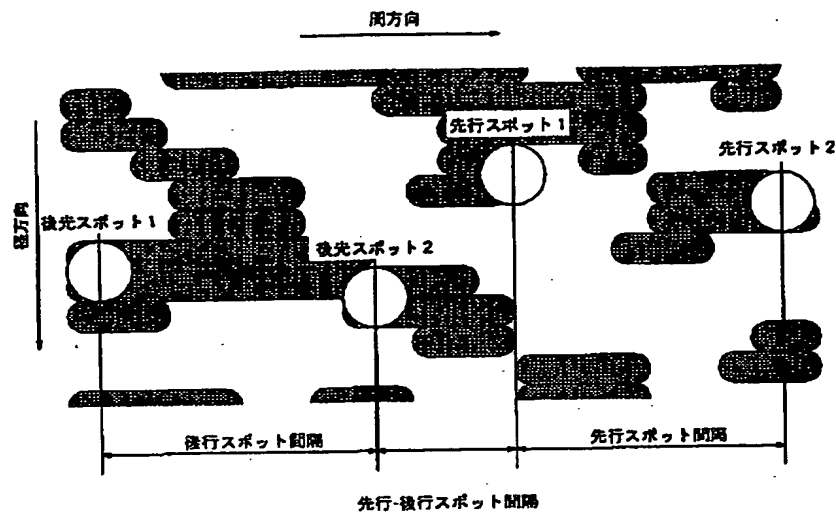
【図52】



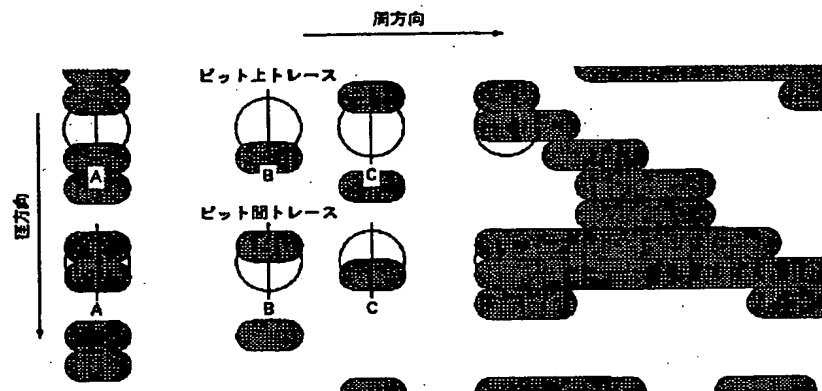
【図54】



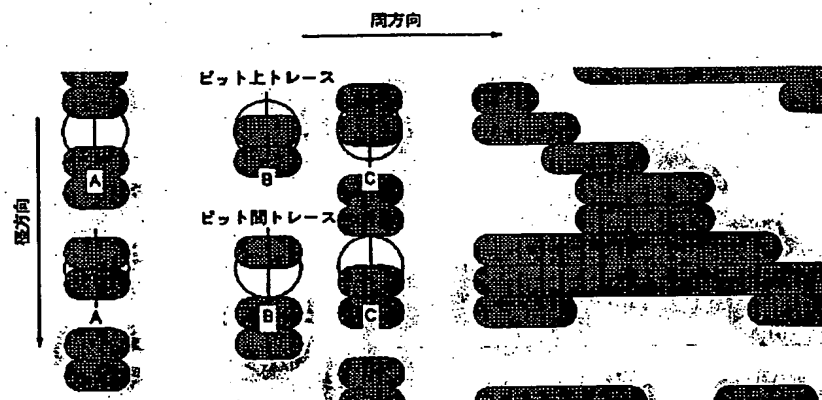
【図53】



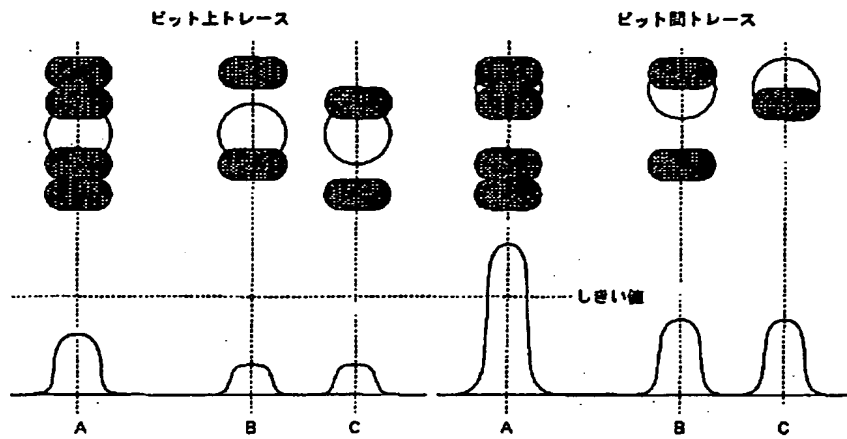
【図55】



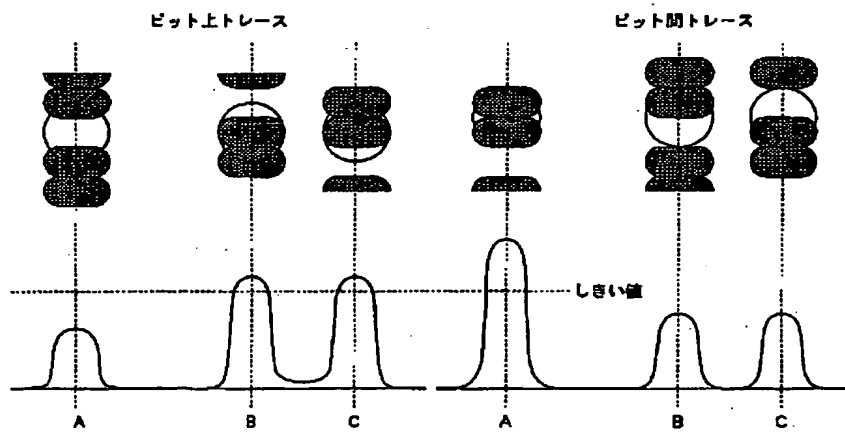
【図56】



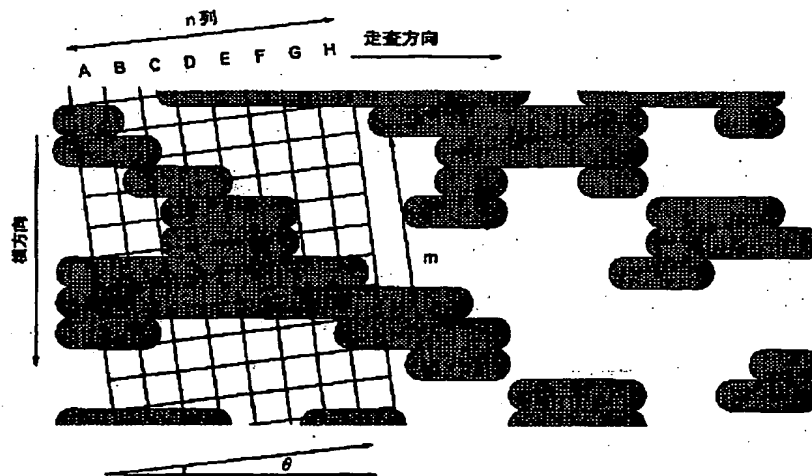
【図58】



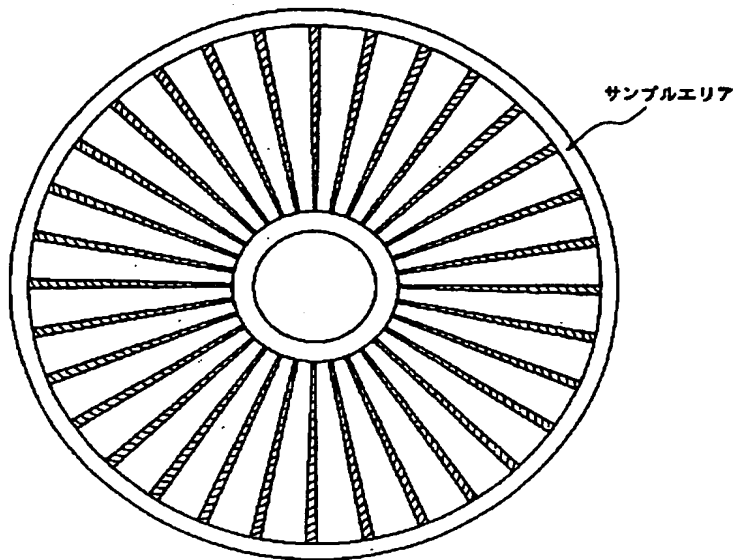
【図59】



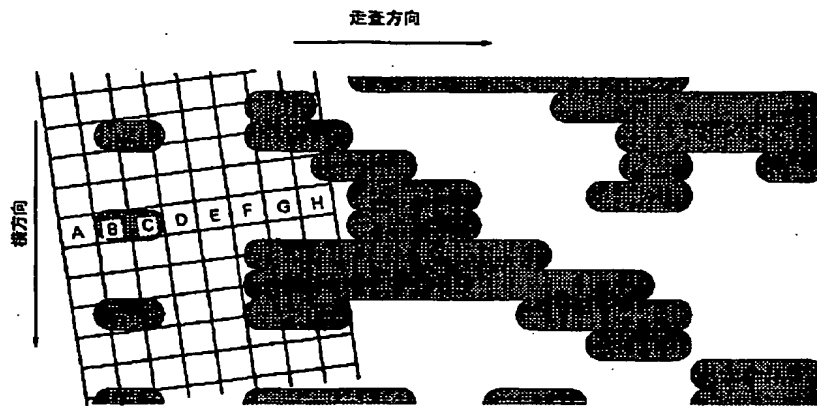
【図61】



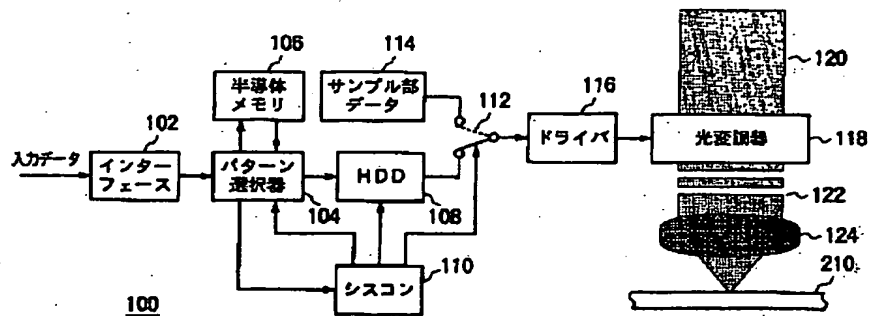
【図60】



【図62】



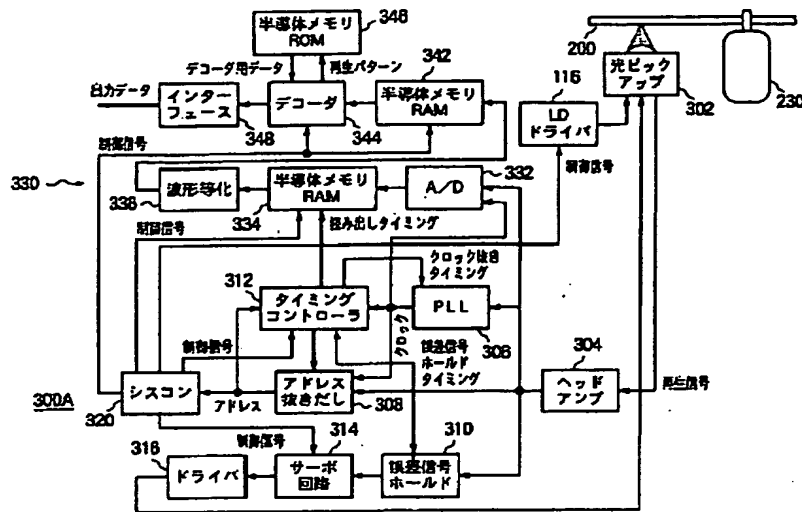
【図65】



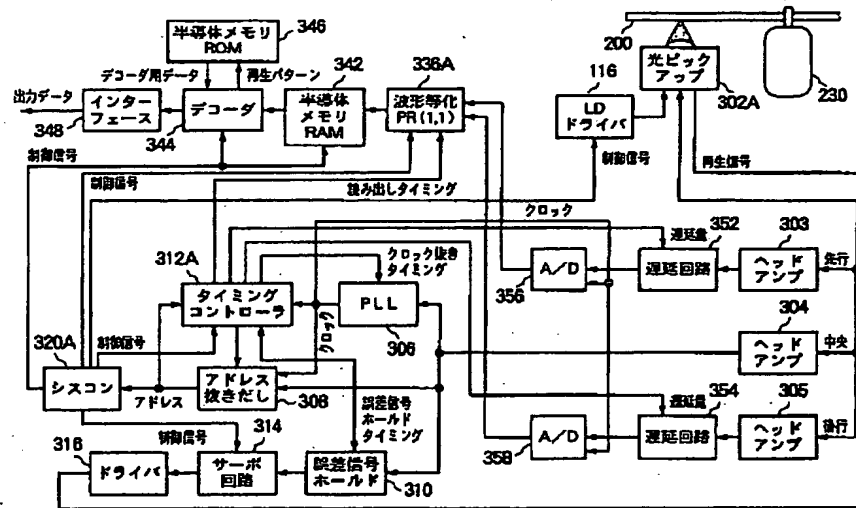
選択エリア

[illegible]

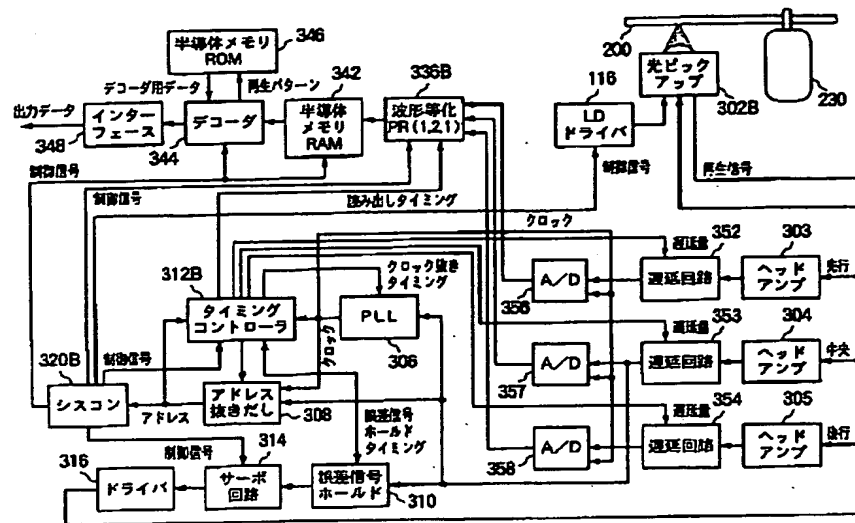
【図67】



【図68】



【図69】



【図70】

